



**Escola Politècnica Superior
d'Enginyeria de Vilanova i la Geltrú**

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

TREBALL FINAL DE GRAU

TÍTOL: DISEÑO, DESARROLLO Y PROTOTIPO DE UN PRODUCTO PARA LA ESTIMULACIÓN MULTISENSORIAL DE PERSONAS CON DISCAPACIDAD FÍSICO-PSÍQUICA

AUTORS: SEIGNER PALOMINO, ARIANA; RIUS FORNES, MARTA

DATA: Juliol, 2016

COGNOMS: PALOMINO SEIGNER

NOM: ARIANA

TITULACIÓ: ENGINYERIA DISSENY INDUSTRIAL

PLA: 2009

DIRECTOR: JOAN JOSEP ALIAU PONS

DEPARTAMENT: EXPRESSIÓ GRÀFICA A L'ENGINYERIA

COGNOMS: RIUS FORNES

NOM: MARTA

TITULACIÓ: ENGINYERIA DISSENY INDUSTRIAL

PLA: 2009

DIRECTOR: JOAN JOSEP ALIAU PONS

DEPARTAMENT: EXPRESSIÓ GRÀFICA A L'ENGINYERIA

QUALIFICACIÓ DEL TFG

TRIBUNAL

PRESIDENT

SECRETARI

VOCAL

DATA DE LECTURA:

Aquest Projecte té en compte aspectes mediambientals: ☒ Sí ☐ No

RESUM

Este proyecto trata sobre el diseño y fabricación de una máquina de rehabilitación para la muñeca. En él se explica que es la rehabilitación, para que sirve, como se realiza, la situación actual en este ámbito y que aspectos se deben tener en cuenta para llevar a cabo una recuperación adecuada. Por otra parte se estudia la anatomía de la muñeca y la mano así como las lesiones que pueden y suelen producirse.

Se muestra la evolución que ha tenido el producto, desde los bocetos e ideas iniciales hasta llegar a un diseño final, mostrando el diseño de cada una de las piezas y su desarrollo y mejora a lo largo del proyecto. Se ha trabajado cada pieza para conseguir un resultado óptimo, ligero y de fácil uso.

También se ha estudiado el proceso de fabricación más adecuado para el producto, así como los costes de fabricación, contactando con empresas para acotar todas las características tanto estéticas como mecánicas del producto.

Paraules clau (màxim 10):

Muñeca	Rehabilitación	Ergonomía	Comodidad

ABSTRACT

This project deals with the design and manufacture of a wrist rehabilitation machine. It explains what rehabilitation is, what purpose it serves, how it's done, the current situation in this area and which aspects should be taken into account to carry out adequate recovery. Moreover, the anatomies of the wrist and hand, as well as injuries that can and do occur are studied.

The evolutionary steps that have taken the product from sketches and initial ideas to reach a final design, showing the design of each of the pieces with their development and improvement throughout the project. Each piece has worked to achieve an optimum result, light and easy to use.

We also studied which process was most suitable for manufacturing the product as well as manufacturing costs by contacting multiple companies to narrow down both aesthetic and mechanical characteristics of the product.

Keywords (10 maximum):

Wrist	Rehabilitation	Ergonomics	Comfort

APORTACIÓ INDIVIDUAL AL GRUP

Aun siendo un trabajo en equipo cada una de nosotras ha tenido más incidencia en determinados apartados. Ariana se ha centrado más en el estudio de mercado, los costes y los materiales y procesos de fabricación. Marta ha trabajado más en el apartado de diseño y desarrollo del producto, planos y diseño 3D. Todos los otros puntos del trabajo han sido realizados conjuntamente y con el mismo grado de implicación por parte de las dos.

INDICE

INTRODUCCIÓN	10
2. OBJETIVOS	11
3. ALCANCE	12
4. ESTADO DEL ARTE	13
4.1 ANÁLISIS DE LA MUÑECA	13
4.1.1 ANATOMÍA	13
4.1.2 DOLOR COMÚN	16
4.1.3 MANEJO Y REPARACIÓN DE LESIONES	17
4.2 BIOMECÁNICA	17
4.2.1 CONCEPTOS BÁSICOS	17
4.2.2 RELACIÓN CON EL PROYECTO	18
4.3 REHABILITACIÓN	18
4.3.1 FASES DE LA REHABILITACIÓN	18
4.3.1.1 TERMOTERAPIA	19
4.3.1.1.1 RESPUESTAS FISIOLÓGICAS A LA APLICACIÓN DE CALOR TERAPÉUTICO	20
4.3.1.2 ELECTRO ESTIMUACIÓN	20
4.3.1.3 MOVIMIENTOS	22
4.3.2 SITUACIÓN ACTUAL DE LA REHABILITACIÓN	24
4.3.3 EVOLUCIÓN DE LA MAQUINARIA DE REHABILITACIÓN	25
4.3.4 SITUACIÓN ACTUAL DE LA REHABILITACIÓN	32
4.4 ESTUDIO DE MERCADO	32
4.4.1. GRÁFICOS RESULTADOS LESIONADOS	34
4.4.2. GRÁFICOS RESULTADOS FISIOTERAPEUTAS	36
4.5 CONCLUSIONES DEL ESTUDIO DE MERCADO	39
5. DAFO	41
5.1 ANÁLISIS	41
5.1.1 DEBILIDADES	41
5.1.2 AMENAZAS	41
5.1.3 FORTALEZAS	41
5.1.4 OPORTUNIDADES	42
5.2 TABLA DAFO	42
6. METODOLOGÍA DEL DISEÑO	43
6.1 BRAINSTORMING	43

6.2 DISEÑO Y DESARROLLO DEL PROTOTIPO	43
6.2.1 PRIMERA PROPUESTA	44
6.2.1.1 FUNCIONAMIENTO	44
6.2.1.2 DISTRIBUCIÓN DE LAS PARTES	44
6.2.1.3 CONCLUSIÓN DE LA PRIMERA PROPUESTA	47
6.2.2 SEGUNDA PROPUESTA	47
6.2.2.1 CAMBIOS REALIZADOS	47
6.2.2.2 FUNCIONAMIENTO	47
6.2.2.3 CONCLUSIÓN DE LA SEGUNDA PROPUESTA	50
6.2.3 TERCERA PROPUESTA	51
6.2.3.1 CAMBIOS REALIZADOS	51
6.2.3.2 FUNCIONAMIENTO	51
6.2.3.3 CONCLUSIÓN DE LA TERCERA PROPUESTA	52
6.2.4 PROPUESTA FINAL	53
6.2.4.1 CAMBIOS REALIZADOS	53
6.2.4.2 FUNCIONAMIENTO	59
6.2.4.3 CONCLUSION DE LA PROPUESTA FINAL	60
6.2.5 DISEÑO DEFINITIVO	62
6.2.5.1 CAMBIOS REALIZADOS	62
6.2.5.2 FUNCIONAMIENTO	75
6.2.5.3 ELEMENTOS QUE COMPLEMENTAN LA ESTRUCTURA	76
6.2.5.4 IMAGEN DEFINITIVA DEL PRODUCTO	80
6.2.5.5 IMAGEN CORPORATIVA	81
7. MATERIALES Y PROCESO DE FABRICACIÓN	87
7.1 ESTRUCTURA DEL PRODUCTO	87
7.1.1 POLIAMIDA; PA 6	87
7.1.2 FABRICACIÓN DE LA ESTRUCTURA DE POLIAMIDA	89
7.2 SOPORTES EN CONTACTO CON LA PIEL	89
7.2.1 MULTIFILAMENTO DE POLIAMIDA	90
7.2.2 FABRICACIÓN DE LA ESTRUCTURA DE POLIAMIDA	90
8. CÁLCULOS 91	
8.1 CÁLCULOS PARA SERVO VERTICAL	91
8.2 CÁLCULOS PARA SERVO HORIZONTAL	91
8.3 CÁLCULOS DE RESISTENCIAS	92
9. COSTES 95	
9.1 COSTES RESPECTO AL TIEMPO DEDICADO AL DESARROLLO DEL PRODUCTO	95

9.2 COSTES RESPECTO A LA FABRICACIÓN RECOMENDADA	97
9.3 TOTALIZACIÓN DE COSTES SEGÚN MÉTODO	97
9.4 PRECIO TOTAL IDEA	99
10. ECO DISEÑO	100
11. PLIEGO DE CONDICIONES	102
CONCLUSIONES	103
AGRADECIMIENTOS	104
BIBLIOGRAFIA	105
ANNEXOS	106

INDICE FIGURAS

FIGURA 1. REPRESENTACIÓN DEL DOLOR DE MUÑECA	10
FIGURA 2. REPRESENTACIÓN DE LOS HUESOS DE LA MUÑECA	14
FIGURA 3. REPRESENTACIÓN DE LOS TENDONES DE LA MUÑECA	15
FIGURA 4. REPRESENTACIÓN DE LOS HUESOS DOLORIDOS DE LA MUÑECA	16
FIGURA 5. MANO RECIBIENDO RADIACIÓN CON UNA LÁMPARA	19
FIGURA 7. MANO SOMETIDA A ELECTRO ESTIMULACIÓN	22
FIGURA 8.1. MOVIMIENTO VERTICAL MANO	22
FIGURA 8.2. MOVIMIENTO HORIZONTAL MANO	22
FIGURA 9. TABLA AMPLITUDES MOVIMIENTO MUÑECA	23
FIGURA 10. MÁQUINA MEDICIÓN DE MOVIMIENTO DE MUÑECA	25
FIGURA 11. RUEDA DE MUÑECA	26
FIGURA 12. MESA DE REHABILITACIÓN	26
FIGURA 13. RUEDA DE REHABILITACIÓN PORTÁTIL	27
FIGURA 14. BARRA DE REHABILITACIÓN DE MUÑECA	27
FIGURA 15. BARRA FLEXIBLE DE REHABILITACIÓN DE MUÑECA	28
FIGURA 16. BARRA FLEXIBLE DE REHABILITACIÓN DE MUÑECA	28
FIGURA 17. CPM FIJO	29
FIGURA 18. CPM PORTÁTIL	29
FIGURA 19. EQUIPO DE ENTRENAMIENTO DINÁMICO	30
FIGURA 20. MÁQUINA DE MUÑECA ADJUSTABLE	31
FIGURA 20. BRAINSTORMING; FUENTE PROPIA	43
FIGURA 21. PRIMERA PROPUESTA ESBOZO; FUENTE PROPIA	44
FIGURA 22. PRIMERA PROPUESTA MECANISMO; FUENTE PROPIA	45
FIGURA 23. PRIMERA PROPUESTA PARTE ELECTRÓNICA; FUENTE PROPIA	46
FIGURA 24. PRIMERA PROPUESTA CONJUNTO INTERNO; FUENTE PROPIA	46
FIGURA 24. PRIMERA PROPUESTA SOPORTE; FUENTE PROPIA	47
FIGURA 25. SEGUNDA PROPUESTA GUANTE MANTA ELÉCTRICA; FUENTE PROPIA	48
FIGURA 26. SEGUNDA PROPUESTA GUANTE ELECTRODOS; FUENTE PROPIA	48
FIGURA 27. SEGUNDA PROPUESTA MOVIMIENTOS; FUENTE PROPIA	48
FIGURA 28. SEGUNDA PROPUESTA INTERIOR; FUENTE PROPIA	49
FIGURA 29. SEGUNDA PROPUESTA ALZADO Y PLANTA MECANISMO; FUENTE PROPIA	49
FIGURA 30. SEGUNDA PROPUESTA TRANSMISIÓN CORREA DENTADA; FUENTE PROPIA	50
FIGURA 31. SEGUNDA PROPUESTA TRANSMISIÓN MOVIMIENTO INTERIOR; FUENTE PROPIA	50
FIGURA 32. TERCERA PROPUESTA SOPORTE BRAZO CON MANTA ELÉCTRICA; FUENTE PROPIA	51
FIGURA 32. TERCERA PROPUESTA ESQUEMA FUNCIONAMIENTO; FUENTE PROPIA	52
FIGURA 33. CUARTA PROPUESTA BOCETO INICIAL; FUENTE PROPIA	53
FIGURA 34. CUARTA PROPUESTA SOPORTE; FUENTE PROPIA	53
FIGURA 35. CUARTA PROPUESTA SOPORTE 3D; FUENTE PROPIA	54
FIGURA 36. CUARTA PROPUESTA SOPORTE VISTAS; FUENTE PROPIA	54
FIGURA 37. CUARTA PROPUESTA SOPORTE ANTEBRAZO; FUENTE PROPIA	55
FIGURA 38. CUARTA PROPUESTA SOPORTE ANTEBRAZO CON MANTA ELÉCTRICA; FUENTE PROPIA	55
FIGURA 39. CUARTA PROPUESTA SOPORTE ANTEBRAZO CON VELCRO; FUENTE PROPIA	55
FIGURA 40. CUARTA PROPUESTA SOPORTE ANTEBRAZO CON VELCRO Y PASADOR; FUENTE PROPIA	56
FIGURA 41. CUARTA PROPUESTA AGUJERO PARA PLACA MÓVIL; FUENTE PROPIA	56
FIGURA 42. CUARTA PROPUESTA SOPORTE ANTEBRAZO VISTAS; FUENTE PROPIA	57
FIGURA 43. CUARTA PROPUESTA TAPAS SERVOS; FUENTE PROPIA	57

FIGURA 44. CUARTA PROPUESTA EJES; FUENTE PROPIA	57
FIGURA 45. CUARTA PROPUESTA EJES VISTA TRASERA; FUENTE PROPIA	58
FIGURA 46. CUARTA PROPUESTA PLACA MÓVIL CON EJES; FUENTE PROPIA	58
FIGURA 47. CUARTA PROPUESTA SOPORTE ANTEBRAZO Y VELCRO; FUENTE PROPIA	58
FIGURA 48. CUARTA PROPUESTA ESQUEMA RESTRICCIÓN MECÁNICA; FUENTE PROPIA	59
FIGURA 49. CUARTA PROPUESTA SOPORTE MANO VISTAS; FUENTE PROPIA	59
FIGURA 50. CUARTA PROPUESTA ESQUEMA GRADOS MOVILIDAD; FUENTE PROPIA	60
FIGURA 51. CUARTA PROPUESTA BASE RENDER; FUENTE PROPIA	61
FIGURA 52. CUARTA PROPUESTA SOPORTE ANTEBRAZO RENDER; FUENTE PROPIA	61
FIGURA 53. CUARTA PROPUESTA EJE DE LA PLACA; FUENTE PROPIA	62
FIGURA 54. CUARTA PROPUESTA SOPORTE MANO RENDER; FUENTE PROPIA	62
FIGURA 55. CUARTA PROPUESTA EJE VISTA INTERIOR; FUENTE PROPIA	63
FIGURA 56. CUARTA PROPUESTA CONJUNTO; FUENTE PROPIA	63
FIGURA 57. DISEÑO DEFINITIVO SOPORTE; FUENTE PROPIA	64
FIGURA 58. DISEÑO DEFINITIVO ANCLAJE SOPORTE MUÑECA Y BRAZO; FUENTE PROPIA	65
FIGURA 59. DISEÑO DEFINITIVO SISTEMA CAMBIO EJES; FUENTE PROPIA	65
FIGURA 60. DISEÑO DEFINITIVO BRAZO ENCAJE SERVO; FUENTE PROPIA	66
FIGURA 61. DISEÑO DEFINITIVO PASADOR VELCRO; FUENTE PROPIA	66
FIGURA 62. DISEÑO DEFINITIVO SISTEMA TOPE MECÁNICO; FUENTE PROPIA	67
FIGURA 63. DISEÑO DEFINITIVO ANCLAJE SERVO; FUENTE PROPIA	67
FIGURA 64. DISEÑO DEFINITIVO EJE GIRO HORIZONTAL; FUENTE PROPIA	68
FIGURA 65. DISEÑO DEFINITIVO ANCLAJE SERVO Y TOPE; FUENTE PROPIA	68
FIGURA 66. DISEÑO DEFINITIVO BRAZO SOPORTE MUÑECA; FUENTE PROPIA	69
FIGURA 67. DISEÑO DEFINITIVO PLACA MÓVIL; FUENTE PROPIA	69
FIGURA 68. DISEÑO DEFINITIVO SOPORTE SERVO; FUENTE PROPIA	70
FIGURA 69. DISEÑO DEFINITIVO SOPORTE SERVO HORIZONTAL; FUENTE PROPIA	70
FIGURA 70. DISEÑO DEFINITIVO SOPORTE MANO; FUENTE PROPIA	71
FIGURA 71. DISEÑO DEFINITIVO SOPORTE MANO VISTAS; FUENTE PROPIA	71
FIGURA 72. DISEÑO DEFINITIVO ENCAJE SOPORTE MANO CON PLACA; FUENTE PROPIA	72
FIGURA 73. DISEÑO DEFINITIVO ENCAJE SERVOS; FUENTE PROPIA	72
FIGURA 74. DISEÑO DEFINITIVO AGUJERO TORNILLO; FUENTE PROPIA	73
FIGURA 75. DISEÑO DEFINITIVO UNIÓN PLACA Y SOPORTE MANO; FUENTE PROPIA	74
FIGURA 76. DISEÑO DEFINITIVO CONJUNTO; FUENTE PROPIA	75
FIGURA 77. TRANSFORMADOR	76
FIGURA 78. PLACA ARDUINO UNO	76
FIGURA 79. ESQUEMA INTERIOR CARCASA COMPONENTES; FUENTE PROPIA	77
FIGURA 80. SERVO VERTICAL; FUENTE DATASHEET HITEC	77
FIGURA 81. SERVO HORIZONTAL; FUENTE DATASHEET HITEC	77
FIGURA 82 . MANTA ELÉCTRICA	78
FIGURA 83. ELECTRODOS	78
FIGURA 84. DIN TORNILLOS SERVOS	79
FIGURA 85. TORNILLOS PLASTITE	79
FIGURA 86. PRODUCTO FINAL	80
FIGURA 87. IDEA PARA LOGOTIPO; FUENTE PROPIA	81
FIGURA 88. PRUEBAS PARA LOGOTIPO; FUENTE PROPIA	81
FIGURA 89. PRUEBAS FUENTES PARA NOMBRE MARCA; FUENTE PROPIA	84
FIGURA 90. PRUEBAS SEGUNDA FUENTE PARA NOMBRE MARCA; FUENTE PROPIA	84
FIGURA 91. PRUEBAS POSICIONES LOGOTIPO-NOMBRE; FUENTE PROPIA	84
FIGURA 92. PRUEBAS TAMAÑOS LOGOTIPO; FUENTE PROPIA	84
FIGURA 93. GEOMETRIZACIÓN DEL LOGOTIPO; FUENTE PROPIA	85
FIGURA 94. PRUEBAS DE COLOR DEL LOGOTIPO; FUENTE PROPIA	85

FIGURA 95. PRUEBAS DE COLOR MONOCROMÁTICO; FUENTE PROPIA	86
FIGURA 96. DEFINICIÓN DE COLORES; FUENTE PROPIA	86
FIGURA 97. IMAGEN CORPORATIVA DEFINITIVA; FUENTE PROPIA	86
FIGURA 98. POLIAMIDA 6	88
FIGURA 99. SACOS DE POLIAMIDA 6 CON 20%FV	89
FIGURA 100. MONOFILAMENTO DE POLIAMIDA	90
FIGURA 101. CUARTA PROPUESTA, PARA HACER CÁLCULO DE MOMENTOS EN A; FUENTE PROPIA	91
FIGURA 102. BASE MALLADA; FUENTE PROPIA	92
FIGURA 103. LÍMITE ELÁSTICO DEL NYLON GF20; DATASHEET B70 GF20	
93	
FIGURA 104. ESFUERZOS BASE; FUENTE PROPIA	93
FIGURA 105. ESFUERZOS BASE PERFIL; FUENTE PROPIA	94
FIGURA 106. SOPORTE MUÑECA MALLADO; FUENTE PROPIA	94
FIGURA 107. ESFUERZO SOPORTE MUÑECA; FUENTE PROPIA	95
FIGURA 108. ESFUERZO BRAZO SOPORTE MUÑECA; FUENTE PROPIA	95

INDICE TABLAS

TABLA 1. GRÁFICO DURACIÓN TRATAMIENTO; FUENTE PROPIA	34
TABLA 2. GRÁFICO DISTANCIA A CENTRO; FUENTE PROPIA	34
TABLA 3. GRÁFICO PROBLEMAS DESPLAZAMIENTO; FUENTE PROPIA	35
TABLA 4. GRÁFICO TRATAMIENTO CUENTA PROPIA; FUENTE PROPIA	35
TABLA 5. GRÁFICO POSIBLE USUARIO; FUENTE PROPIA	36
TABLA 6. GRÁFICO FRECUENCIA DE TRATAMIENTO; FUENTE PROPIA	36
TABLA 7. GRÁFICO COMPARATIVA MANO/MÁQUINA; FUENTE PROPIA	37
TABLA 8. GRÁFICO TIEMPO RECUPERACIÓN; FUENTE PROPIA	37
TABLA 9. GRÁFICO CALIDAD INSTALACIONES; FUENTE PROPIA	38
TABLA 10. GRÁFICO QUEJAS POR DESPLAZARSE; FUENTE PROPIA	38
TABLA 11. GRÁFICO PREFERENCIA; FUENTE PROPIA	39
TABLA 12. TABLA DAFO; FUENTE PROPIA	42
TABLA 13. COSTES INVESTIGACIÓN; FUENTE PROPIA	96
TABLA 14. COSTES DISEÑO FORMAL; FUENTE PROPIA	96
TABLA 15. COSTES FABRICACIÓN RECOMENDADA; FUENTE PROPIA	97
TABLA 16. COSTES ELEMENTOS NORMALIZADOS; FUENTE PROPIA	98
TABLA 17. COSTES MAQUETA; FUENTE PROPIA	98
TABLA 18. COSTES OPCIONES FABRICACIÓN; FUENTE PROPIA	99
TABLA 19. COSTE TOTAL IDEA; FUENTE PROPIA	99

1. INTRODUCCIÓN

En la mayoría de actividades de la vida diaria, laboral y deportiva interviene el sistema óseo mano-muñeca. Al ser articulaciones de uso frecuente, lo más habitual es que se produzcan en ellas numerosas lesiones, sobre todo en las zonas más vulnerables.

Si nos centramos en las lesiones deportivas, estas ocupan el cuarto lugar tras las lesiones laborales, los accidentes domésticos y los accidentes de tráfico. Este tipo de lesiones se producen durante la práctica de actividades deportivas físicas ya sea en competición, entrenamientos o simplemente efectuando actividades de ocio. El 3% del las lesiones que se producen en el mundo del deporte corresponden a lesiones de muñeca.

Muchas disciplinas deportivas llevan consigo el riesgo de producir lesiones específicas en la muñeca; por ejemplo, se estima que entre el 46-84% de los gimnastas de élite sufren lesiones en esta articulación a lo largo de su carrera deportiva y que la lesión más frecuente es la fisis del radio. Asimismo, las lesiones por micro traumatismo repetido (lesiones de estrés) son más habituales en deportes que emplean bates, palos o raquetas como el béisbol, el tenis o el golf.

Existen multitud de tratamientos para la curación de lesiones en la muñeca los cuales dependen del tipo de lesión producida. Disponemos de tratamientos correctores basados en técnicas de fisioterapia combinada con la inmovilización prolongada de la articulación o también de tratamientos reparadores mediante intervención quirúrgica que conllevan largos periodos de recuperación.



Figura 2. Representación del dolor de muñeca

<http://mejorconsalud.com/remedios-caseros-para-el-dolor-de-muñeca/>

En este proyecto se pretende conocer el funcionamiento de la muñeca a través del estudio de su anatomía, de sus grados de movimiento, de las lesiones que se suelen producir y de los tratamientos correctores que existen actualmente con el objetivo de diseñar y construir una máquina biomecánica de muñeca que combine diferentes tratamientos basados en técnicas de fisioterapia como la electro estimulación y la termoterapia.

Previo al diseño del producto con sistemas CAD 3D, se realizará un estudio bibliográfico para conocer de forma exacta el funcionamiento de la articulación lo que permitirá realizar una justificación sobre el diseño, ergonomía, materiales y funcionamiento del producto.

2. OBJETIVOS

El objetivo principal de este proyecto consiste en el diseño y fabricación de una máquina biomecánica de muñeca para su posterior utilización en procesos de rehabilitación a partir de una combinación de tratamientos de termoterapia, estimulación eléctrica y movimientos.

En la realización del proyecto, se pretenden estudiar los siguientes campos:

- **Tratamientos de rehabilitación/fisioterapia**
Conceptos básicos sobre los tratamientos de rehabilitación aplicados para la corrección o eliminación de lesiones desde el punto de vista técnico, centrándose en el funcionamiento de la maquinaria y/o elementos utilizados durante la realización de las sesiones.
- **Anatomía de la muñeca**
Funcionamiento del cuerpo humano y conocimiento de la anatomía y los componentes de la muñeca, así como las lesiones más frecuentes que suelen producirse, las causas y sus posibles medidas correctoras.
- **Biomecánica de la muñeca**
Conceptos básicos de la biomecánica y conocimiento del funcionamiento de la muñeca desde el punto de vista cinemático y cinético para la realización de la máquina como solución.
- **Diseño y ergonomía de la máquina**
Descripción de las características de los diseños realizados y del producto final considerado como solución al problema objeto del proyecto y de los medios que los médicos e ingenieros utilizan para su selección.
- **Proceso de fabricación**
Descripción del proceso de fabricación de una máquina de rehabilitación para la muñeca profundizando en los detalles técnicos del mismo.
- **Estudio de costes**
Desglose de los costes asociados a la investigación, el diseño y la construcción del producto indicando la cantidad de material utilizado, maquinaria y mano de obra entre otros.

3. ALCANCE

Este proyecto se enfoca directamente al diseño y desarrollo de un producto concreto, en este caso en el diseño de un prototipo para rehabilitación de muñeca. A lo largo del proyecto se detallan los pasos que se han seguido hasta llegar al diseño definitivo, iniciando con los primeros bocetos e ideas y finalizando con el diseño conceptual último y sus características técnicas. El trabajo abarca desde el estudio previo referente al entorno competitivo del producto y el ámbito que comprende, hasta la parte más técnica como es el diseño formal, los materiales o el proceso de fabricación necesarios para hacer de esta idea un producto viable para ser fabricado.

El aparato contiene una parte eléctrica y una parte electrónica que deben programarse previo uso para su correcto funcionamiento y desarrollo de función. Dada la falta de recursos sobre programación debido al tipo de titulación, se ha acotado el proyecto de tal manera que la centralización esté en el diseño, dando la posibilidad de continuidad a un futuro estudiante de electrónica o eléctrica al desarrollo total del producto.

4. MEMORIA DESCRIPTIVA Y ESTADO DEL ARTE

Gran parte de la población ha sufrido en algún momento de su vida alguna lesión muscular, que debido a la mala gestión o ejecución de los ejercicios durante el proceso de rehabilitación, o por falta de constancia a la hora de realizarlos, no ha sanado como debería.

Pero, ¿qué importancia tiene recuperarse totalmente de una lesión siendo deportista o no?, ¿cómo programan las personas lesionadas su rehabilitación?, ¿cuánto tiempo mantienen la constancias y la realización de las distintas rutinas indispensables para su correcta sanación?

Teniendo en cuenta que el proyecto debe dar respuesta a todas estas cuestiones, lo primero es situarlo.

Se pretende investigar en el campo de la rehabilitación estudiando qué puntos débiles pueden mejorarse y cómo se puede perfeccionar el sistema creando un nuevo producto.

En primer lugar es necesario ser consciente de las carencias que tiene una rehabilitación en un centro público sobre todo, ya que existe la posibilidad de realizar sesiones de fisioterapia/rehabilitación con profesionales que ofrecen un servicio de mejor calidad y muy personalizados.

El problema de este servicio es que hay un gran porcentaje de la población que no puede acceder a él por razones económicas, ya que es un tratamiento mucho más caro, Por lo tanto un gran sector de los usuarios se ve abocado a sufrir las carencias del servicio público.

Una vez situados, es imprescindible tener claros ciertos conceptos, qué es y en qué consiste una sesión de rehabilitación y analizar mediante un estudio de mercado en qué estado se encuentra el sector.

4.1 ANÁLISIS DE LA MUÑECA

Cuando se habla de la muñeca, se habla de una estructura totalmente compleja que es especialmente propensa a lesionarse, tanto a consecuencia de actividades deportivas como laborales. Una cuarta parte aproximadamente de las lesiones derivados del deporte implican una lesión en la muñeca, por la inercia o reflejo del lesionado de evitar un mayor impacto colocando las manos como defensa a la caída.

4.1.1 ANATOMÍA

(1)La articulación de la muñeca está formada en la parte proximal por la superficie distal del radio y el cúbito y el fibrocartilago triangular, y distalmente por los huesos escafoides, semilunar y piramidal. La muñeca como una región se extiende desde la extremidad distal del radio y el cúbito a la base de los metacarpianos. La posición de la muñeca y el apoyo a la mano por lo tanto tiene que combinar fuerza y precisión con una amplia gama de movimiento y la estabilidad.

La posición de los huesos del carpo se controla tanto por su forma como por su soporte ligamentoso. La mayoría de las unidades músculo tendinosas que proporcionan el movimiento a la muñeca atraviesan los huesos del carpo y se insertan en la base de los metacarpianos, por lo tanto, controlan indirectamente la posición de los huesos del carpo. El pisiforme es un hueso sesamoideo en el tendón del flexor cubital del carpo, que luego se inserta distalmente en el ganchoso y en la base del quinto metacarpiano. El extensor radial largo y corto del carpo se insertan en la base dorsal de los metacarpianos del índice y medio respectivamente. El flexor radial del carpo se inserta en la base palmar del índice y metacarpiano medio y puede enviar



Figura 2. Representación de los huesos de la muñeca

<http://www.cto-am.com/mano.htm>

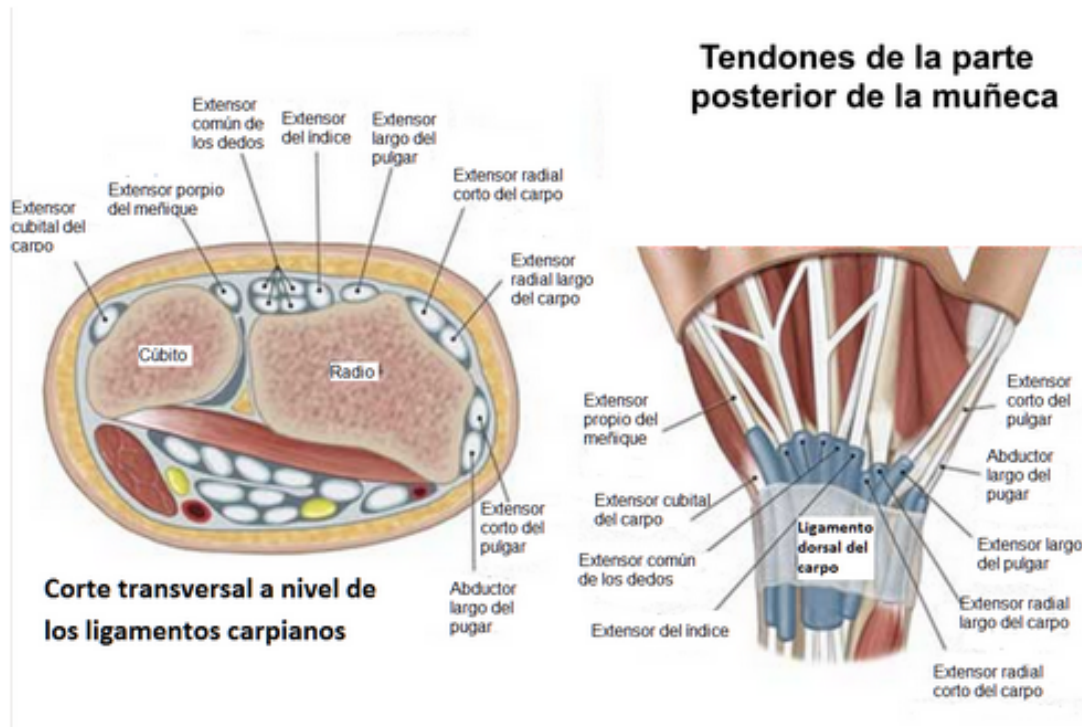
Los tendones y los huesos de la muñeca están muy estrechamente ligados y actúan cerca del centro de rotación de esta articulación. Esto es una desventaja que tiene como resultado la generación de una gran tensión en los tendones cuando se quiere generar una fuerza. Según los cálculos para la fuerza que se realiza en esta articulación, la fuerza que en este centro se ejerce, es diez veces superior a la que se está generando en la punta de los dedos. Esta fuerza se transmite a través de la superficie de la articulación y los ligamentos de apoyo, según esté colocada la muñeca.

La anatomía ósea de la muñeca es inestable y está controlada por el sistema de retención pasiva de los ligamentos intrínsecos y extrínsecos que evitan el colapso de los huesos del carpo. Si falla la estructura ósea, las superficies articulares o los ligamentos, se provoca un colapso en la muñeca. Esto significa que cualquier inestabilidad en los huesos del carpo o en la función normal de los tendones de esta zona dará paso a una disminución de la fuerza de agarre.

Los tendones extensores están en plena colaboración con la superficie dorsal del radio distal y cúbito por el retinángulo extensor. Estos se extienden de manera oblicua desde la superficie antero lateral del radio, pasando por el dorso de la muñeca, hasta llegar a los huesos pisiforme y piramidal. El radio y el carpo pueden girar libremente sin que afecte a la tensión del retinángulo extensor. Este último evita el efecto "Cuerda de arco" de los tendones extensores y las inserciones óseas de este producen seis compartimentos que regulan los tendones según el movimiento de la muñeca.

(1)<http://www.cto-am.com/mano.htm>

(2) Hay dos estructuras clave en la anatomía de la parte extensora de la muñeca: el retináculo extensor y el tubérculo dorsal del radio (tubérculo de Lister). El retináculo



extensor es una fuerte banda fibrosa que se extiende oblicuamente a través del dorso de la muñeca, con varios anclajes que delimitan seis compartimentos; cada compartimento contiene una única vaina sinovial que rodea uno o más tendones extensores.

Figura 3. Representación de los tendones de la muñeca

<http://www.cto-am.com/mano.htm>

Compartimento 1: con el cuerpo en posición anatómica, este compartimento está lateral a la apófisis estiloides del radio. Contiene los tendones del extensor corto del pulgar y el abductor largo del pulgar. La inflamación de estos tendones provoca la tendinitis de d'Quervain.

Compartimento 2: está localizado en el lado radial del tubérculo de Lister, sobre la apófisis estiloides del radio. Contiene a los extensores radiales del carpo (corto y largo). Cuando estos tendones friccionan con exceso con los del primer compartimento, se produce una tendinitis que recibe el nombre de síndrome de intersección

Compartimento 3: está localizado en el lado cubital del tubérculo de Lister. Contiene al extensor largo del pulgar.

Compartimento 4: está situado en el lado cubital del tercer compartimento. Contiene al extensor del índice y al extensor de los dedos.

Compartimento 5: *está dorsal al intervalo entre el radio y el cúbito, y acomoda al extensor del 5º dedo.*

Compartimento 6: *se sitúa la cabeza y la apófisis estiloides del cúbito, para albergar al extensor cubital del carpo.*

4.1.2 DOLOR COMÚN

Es muy común tener dolor en la muñeca a raíz de una mala postura o de un gesto repetitivo. Existen varias defensas que la propia muñeca genera a la hora de evitar un daño mayor. Por ejemplo, en el caso de las personas que tienen el cúbito corto, en este caso, la muñeca genera un ganglión de líquido sinovial encapsulado. Desde fuera solo se vería un bulto que además es algo doloroso, pero así es como la muñeca se defiende de peores consecuencias, ya que el cúbito corto genera una falta de fuerza en las muñecas.

(3) *El dolor que surge de las unidades músculo-tendinosas en la muñeca se origina a partir de sus inserciones óseas o en el lugar desde donde pasan a través de los túneles de la fascia apretados y lubricados por una bolsa sinovial. Los cuatro sitios comunes para el dolor en el miembro superior son el primer compartimiento dorsal (tendovaginitis de De Quervain), flexores digitales (dedo en gatillo), tendinitis flexor radial y epicondilitis lateral (codo de tenista). Otras tendinitis muñeca son comparativamente menos frecuentes, pero pueden ocurrir en los extensores de la muñeca, síndrome de intersección, extensor largo del pulgar, extensor propio del meñique y conexiones anormales entre los flexores del pulgar y el índice.*



Figura 4. Representación de los huesos doloridos de la muñeca

<http://www.cto-am.com/mano.htm>

(2) <http://www.cto-am.com/mano.htm>

(3) <http://www.cto-am.com/mano.htm>

Según datos epidemiológicos de lesiones y los experimentales, corroboran el riesgo de tener una tendinitis en la muñeca cuando se tienen trabajos con movimientos repetitivos o con posturas extremas. Hablamos de ocupaciones donde hay ciertas acciones repetitivas de hasta 29 veces superior al de puestos de trabajo donde no se implican estas acciones. Partiendo de la base que ciertas actividades deportivas o puestos de trabajo donde, como se ha comentado, hay gestos repetitivos tienen una alta incidencia de tendinitis de muñeca, no se sabe exactamente qué nivel de fuerza o repetición puede causarla. Se cree que puede ser una interacción compleja de muchos factores, el género, el hormonal, factores neurogénicos o mecánicos.

4.1.3 MANEJO Y REPARACIÓN DE LESIONES

Se debe tener muy en cuenta la ergonomía cuando se maneja una lesión de tipo tendinitis relacionada con el deporte. Pueden ser equipos relacionados con este, técnicas relacionadas o ambos. Se están dando muchos avances en el material Deportivo para así evitar un exceso de fuerza que pueda ser perjudicial para la muñeca.

(4) La vibración es un factor importante que aumenta la fuerza requerida para agarrar un objeto, disminuyendo la entrada propioceptiva y reflejamente incrementando la contracción muscular mediante un proceso denominado el reflejo tónico de la vibración. El umbral para la incorporación de la unidad motora se reduce por la vibración, y la fuerza de contracción se incrementa en presencia de vibración. La vibración también potencia la fuerza de contracción para contracciones posteriores. El reflejo tónico vibratorio se puede disminuir por la estimulación cutánea o la acupuntura.

Cuando la muñeca se lesiona, el proceso de recuperación consiste en inflamación, proliferación y maduración.

La primera fase, la inflamación se caracteriza como el propio nombre indica por la hinchazón, calor y edema y no cesa hasta que dejan de influir las fuerzas aplicadas que están siendo perjudiciales. Si las fuerzas dañinas son continuadas se puede dar paso a una inflamación crónica, adherencia secundaria y degeneración. Si no hay signos de inflamación en una lesión, puede ser que su naturaleza sea crónica.

Si los tendones se inflaman, aumenta la tensión en ellos. Si la muñeca se defiende generando líquido sinovial, se produce todavía un dolor más agudo y un aumento local de la tensión.

4.2 BIOMECÁNICA

La biomecánica es un área de conocimiento interdisciplinar que estudia la mecánica y la cinemática en el cuerpo de los seres vivos, como sistemas mecánicos complejos.

4.2.1 CONCEPTOS BÁSICOS

(5) Al ser la muñeca un complejo pluriarticular, todo movimiento global de ésta debe considerarse como el resultado de la interacción y acumulación de los movimientos que ocurren en las distintas articulaciones que la componen. El conocimiento de la cinemática articular de cada una de esas articulaciones tiene interés porque facilita la interpretación y el adecuado tratamiento de muchos de los trastornos que suceden en ella. Por eso es importante conocer cuáles son los movimientos internos (movilidad

(4) <http://www.cto-am.com/mano.htm>

intracarpiana) resultantes de la contracción de los diferentes grupos musculares, para así poderlos dividir en dos subapartados: movimiento de flexión-extensión. Proporciona la posibilidad de movilidad en el plano sagital) y movimiento de inclinación radial-cubital (también llamado de abducción-aducción). Estos movimientos de la muñeca son producto de la acción de tendones específicos que se insertan en los metacarpianos, o bien del efecto indirecto o secundario de músculos extrínsecos de los

dedos (flexores-extensores). Aun así, y pese a no tener inserciones tendinosas y movilizarse de forma indirecta como segmento intercalado, los huesos de la primera hilera del carpo gozan de un grado importante de movimiento.

4.2.2 RELACIÓN CON EL PROYECTO

La relación de la biomecánica con el proyecto es directa ya que como se ha visto en los apartados anteriores, la muñeca está constantemente sometida a tensiones tanto internas como externas de manera que, siendo como es, un sistema mecánico complejo, se estudia biomecánicamente.

En este proyecto se pretende instalar una parte electrónica, con unas secuencias, tiempos, y movimientos previamente diseñados y que cada paciente podrá regular según su lesión y las indicaciones que reciba de su médico

De manera que dispondremos de un producto que puede llegar a ser un éxito en el campo de la biomecánica, al conseguir regular el comportamiento de una pieza para el uso del paciente.

4.3 REHABILITACIÓN

La rehabilitación se considera el proceso mediante el cual una persona a través de determinadas técnicas y ejercicios consigue recobrar la condición o el estado que perdió a causa de una enfermedad u otro tipo de trastorno de salud.

(6)De acuerdo con la Organización Mundial de la Salud (OMS) la rehabilitación busca la restitución de las capacidades de un paciente minusválido. La finalidad es que la persona tenga una vida autónoma, dependiendo en el menor grado posible de los demás.

La rehabilitación física, en pocas palabras, apunta la funcionalidad corporal. Las tareas de rehabilitación pretenden que el individuo mejore su movilidad y sus habilidades físicas a partir de ejercicios, masajes y otras técnicas.

Dentro de las lesiones que requieren rehabilitación están las musculares, articulares, las de ligamentos y los huesos. Este proceso ayuda al lesionado a recuperar en primer lugar la movilidad gradualmente, la fuerza de la misma manera que el movimiento y el equilibrio entre los componentes de la zona afectada.

Suele ser un proceso largo y en ocasiones muy doloroso que se convierte en una rutina hasta el día que se recupera si fuese posible, del todo la movilidad y las cualidades que esta zona tenía antes de la lesión.

Por este motivo es importante que este proceso se realice de forma cómoda y práctica para la persona que lo está llevando a cabo ya que va a ser una costumbre que durará bastante tiempo, desde días hasta meses.

La zona que nos ocupa en este proyecto, la zona de la muñeca, es en la que va a ir focalizado, a continuación, el desarrollo de las fases de su rehabilitación.

(5)http://acceda.upgc.es/bitstream/10553/9407/1/0655840_00019_0022.pdf

(6)<http://definicion.de/rehabilitacion-fisica/>

4.3.1 FASES DE LA REHABILITACIÓN

Una sesión de rehabilitación de muñeca consta de tres fases o procesos principales, en primer lugar es necesario calentar la zona, es decir, la musculatura. Para calentar esta zona existen varias opciones, todas igualmente válidas y utilizadas. El cambio de sistema suele darse según la zona. Una vez la zona está caliente, puede empezarse a trabajar, dando paso a un proceso de electro estimulación, que no es más que la generación de corriente en la zona a través de electrodos. Por último, tras estos dos procesos, se ejecutan una serie de ejercicios previstos para recuperar movilidad o bien recuperar fuerza, según el paciente y su necesidad o estado en la lesión.

A continuación, se explican detalladamente las fases mencionadas en el orden del proceso.

4.3.1.1 TERMOTERAPIA

La termoterapia es la aplicación de calor o frío como agentes terapéuticos. Para desarrollar este proyecto se han estudiado los diferentes métodos de aplicación de calor, en concreto ya que en este caso hay que aumentar la temperatura en la zona afectada.

Llevando a cabo esta búsqueda de procesos se ha podido valorar cual es el más adecuado para el producto que se va a fabricar, así como a que temperatura debe calentarse la zona y durante cuánto tiempo.

A continuación se describen brevemente los diferentes mecanismos de transmisión de calor:

(7)•Radiación:

En este proceso se transporta el calor a través del vacío. El método más utilizado es la aplicación de calor por medio de lámparas de radiación de energía infrarroja. Debe aplicarse a una distancia entre 25 y 20 cm y son aplicaciones locales de una duración entre 10 y 30 minutos. La intensidad de la aplicación dependerá de la lesión y la zona a tratar.



Figura 5. Mano recibiendo radiación con una lámpara

<http://www.clinimagen.com/wp-content/uploads/2015/06/termoterapia-las-palmas-clinimagen.jpg>

•Conducción:

Es un mecanismo de intercambio de energía térmica entre dos superficies en contacto. Este se produce cuando dos superficies se encuentran a diferente temperatura, la energía térmica pasa de lugares de mayor temperatura a lugares de menor temperatura.

Este mecanismo se puede llevar a cabo a través de:

- *Agentes termo terapéuticos sólidos: Se utilizan sabanas o mantas calientes, puede ser una aplicación local o general, se aplican directamente sobre la piel y el tiempo de duración es de unos 15 minutos. Ej.: Arena, envolturas secas, almohadillas, mantas eléctricas, objetos metálicos calientes, bolsas de agua caliente, hot packs, etc.)*
- *Agentes termo terapéuticos semilíquidos: son sustancias como la peloides, parafina y parafango, suelen estar a una temperatura de entre 50 y 55 grados, en las que se sumerge durante un tiempo determinado la zona a tratar y se crea una capa de la sustancia que mantiene el calor durante 20 minutos..*



Figura 6. Mano sumergida en parafina

<http://www.nail.nn.ru/data/image/4016.jpg>

•**Convección:**

Consiste en la transferencia de calor que tiene lugar en un líquido o un gas. Ejemplos. Aplicaciones hidroterapéuticas calientes, baños de vapor y sauna.

4.3.1.1.1 Respuestas fisiológicas a la aplicación de calor terapéutico:

Tras aplicar calor mediante cualquiera de los métodos mencionados, el cuerpo reacciona dando lugar a las siguientes respuestas fisiológicas.

- Aumento de la circulación sanguínea y linfática.
- Aumenta la flexibilidad del tejido colágeno, por lo cual disminuye la rigidez articular.
- Alivia el dolor.
- Disminuye el espasmo muscular y colabora con la reabsorción de infiltrados inflamatorios, edema y exudados.

Por efecto del calor se produce una alteración marcada de las propiedades físicas de tejidos fibrosos y elásticos, como los que se encuentran en los tendones, en las cápsulas articulares y en las cicatrices. Al ser calentados, estos tejidos ceden mucho más fácilmente al estiramiento. La condición óptima para obtener el mayor resultado es la combinación del calor y la aplicación de estiramiento. El estiramiento estable y prolongado es más efectivo que el estiramiento intermitente y de corta duración.

(7)<http://www.clinimagen.com/wp-content/uploads/2015/06/termoterapia-las-palmas-clinimagen.jpg>

4.3.1.2 ELECTRO ESTIMULACIÓN

El electro estimulador es básicamente un aparato de terapia que produce un tipo de corriente específica que se necesita para lograr el impulso eléctrico justo capaz de generar una respuesta motora.

Los equipos actuales más modernos son incluso capaces de producir una estimulación secuencial, esto quiere decir que podemos trabajar primero el músculo agonista y luego el músculo antagonista obteniendo un trabajo más fisiológico de los músculos en cuestión.

Los estímulos eléctricos, cuando alcanzan suficiente amplitud, tienen la capacidad de producir un potencial de acción muscular, es decir, la placa motora conduce la señal al nervio y se desencadena una descarga que produce una contracción. Un buen electro estimulador debe poder trabajar con una frecuencia aproximada a los 120 Hz. Estas máquinas suelen tener los programas más eficaces y básicamente no son nada complicados a la hora de utilizarlos, solo se debe buscar el programa adecuado y aplicarlo. Esto implica que tenemos a disposición del usuario toda una serie de programas específicos para actuar sobre las fibras musculares, tanto lentas como rápidas, y hacerlo actuando sobre el músculo para conseguir un respuesta veloz, explosiva, así como tratamientos secuenciales, masaje y recuperación tras el esfuerzo.

(8)La electro estimulación un complemento ideal para recuperarse más rápidamente de una lesión.

Recordemos en primer lugar que la electro estimulación debe ser siempre un complemento del ejercicio físico, y nunca un sustitutivo. Ahora bien, existen determinadas circunstancias, como una lesión, que pueden impedirnos continuar con nuestra rutina de ejercicio habitual. En casos como este, la electro estimulación puede sernos de mucha ayuda.

Algunos de los beneficios del uso de la electro estimulación en la recuperación de lesiones:

- Minimizamos los efectos de la atrofia muscular: cuando sufrimos una lesión y dejamos de entrenar, se produce una atrofia muscular, disminuyendo el tamaño del músculo, su fuerza y su tono. Aplicando trabajo con electro estimulación, podemos minimizar estos daños, preservando nuestra masa muscular aunque el miembro se encuentre inmovilizado.*

- No hay por qué esperar a recuperar el ROM de la articulación: más interesante si cabe es el hecho de que a través de la electro estimulación podemos continuar entrenando los músculos tras una lesión aunque no hayamos recuperado todo el rango de movimiento de la articulación.*

- El factor psicológico también influye: muchas veces, tras una lesión hay personas que cogen miedo a realizar ciertos ejercicios, y más aún si han debido pasar mucho tiempo inmovilizados y han perdido fuerza muscular. En estos casos, las sesiones de electro estimulación pueden ser muy beneficiosas, ya que colaboran junto con el entrenamiento tradicional a la recuperación de fuerza y tono del músculo, haciendo mejorar la confianza del deportista y eliminando temores.*

La electro estimulación, combinada siempre con el entrenamiento tradicional y utilizándola con un profesional de la salud, es uno de los medios más efectivos para recuperar lesiones de forma más rápida y eficaz.

(8)<http://www.vitonica.com/lesiones/la-electroestimulacion-en-el-deporte-iii-recuperacion-de-lesiones>

Características del equipo a elegir:

- Equipo médico certificado con registro sanitario de la CE.
- Posibilidad trabajo secuencial para obtener un trabajo neuromuscular eficaz agonista antagonista.
- Pantalla digital, división en la misma del tiempo de tratamiento.
- Onda cuadrada bifásica compensada, para evitar los efectos químicos polares.
- Batería recargable. Ello nos supondrá un ahorro económico importante.

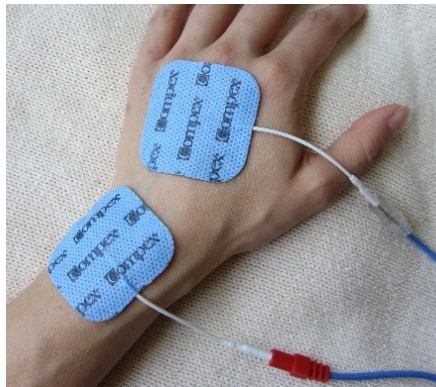


Figura 7. Mano sometida a electro estimulación

[HTTPS://BIENESTARYCOMPETICION.FILES.WORDPRESS.COM/2011/05/IMG_0271.JPG](https://bienestarycompeticion.files.wordpress.com/2011/05/img_0271.jpg)

4.3.1.3 MOVIMIENTOS

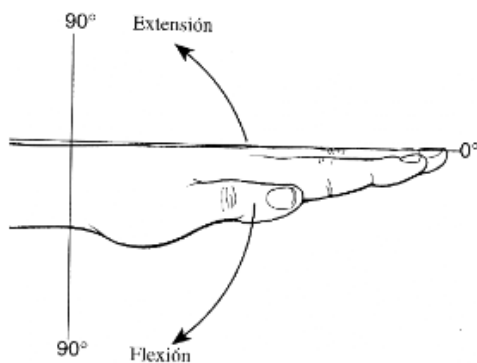


Figura 8.1. Movimiento vertical mano

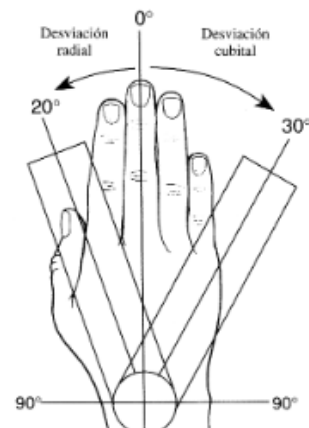


Figura 8.2. Movimiento horizontal mano

http://www.traumazaragoza.com/traumazaragoza.com/Documentacion_files/Biomeca%CC%81nica%20de%20la%20Mun%CC%83eca.pdf

Cuando sufrimos una lesión y entramos en la fase de recuperación de la fortaleza de los músculos de la zona afectada debemos emplear ciertos movimientos que nos ayuden a volver a tener movilidad total. En el caso de la muñeca los movimientos más adecuados son tres:

(9)El movimiento de la muñeca se realiza en el plano de flexión-extensión (Figura 6.1) y desviación radiocubital (Figura 6.2). La flexión de la muñeca se describe a veces como flexión volar o palmar, mientras que la extensión se denomina a veces flexión dorsal o dorsiflexión. Se produce también un cierto grado de circunducción rotatoria en la muñeca, aunque ello no puede medirse con exactitud en el ámbito clínico. (Figura 6.1)

FLEXIÓN Y EXTENSIÓN. Con el antebrazo en pronación, la posición de partida cero corresponde al borde cubital del tercer metacarpiano alineado con el eje del antebrazo distal. Esta posición facilita la colocación del eje del goniómetro sobre el hueso grande proximal, es decir, el centro de rotación para el movimiento de la muñeca. Las mediciones pueden realizarse colocando el goniómetro en el dorso de la muñeca o en el eje radial de la articulación. Si el goniómetro se alinea en el lado cubital, la movilidad del quinto metacarpiano puede elevar falsamente la medición de la flexión-extensión de la muñeca. Figura 5.2.

DESVIACIÓN RADIAL Y CUBITAL. La posición de partida cero es la misma que para medir la flexión y la extensión. La desviación radial es de 0° a 20° y la desviación cubital de 0° a 30°.

El movimiento de la muñeca se realiza en las articulaciones radio carpiana y medio carpiana. El movimiento de las articulaciones radio carpianas explica un 67% de la extensión de la muñeca, mientras que el movimiento de las articulaciones medio carpianas es el que contribuye en mayor medida a producir la flexión de la muñeca (60%). Sin embargo, este patrón presenta una cierta variación individual, de tal manera que un 27% de los individuos presentan un mayor grado de flexión en las articulaciones medio carpianas y un 14% tienen un mayor grado de extensión en la radio carpiana.

En la desviación radial y cubital, las filas del carpo giran como segmentos ligados. El tope de la estiloides radial limita la desviación radial, de tal manera que su arco de movimiento es significativamente inferior al de la desviación cubital (Tabla). El movimiento de la muñeca en desviación cubital es especialmente importante al realizar las actividades de la vida diaria.

El centro del movimiento tanto de flexión/extensión como de desviación radial/cubital se localiza en el polo proximal del hueso grande.

Así pues, para medir el movimiento de la muñeca, debe alinearse el eje del goniómetro con la parte proximal de este hueso.

AMPLITUD NORMAL DE MOVIMIENTO DE LA MUÑECA EN ADULTOS SANOS

	Boone y Azen ^{14*}	Ryu <i>et al.</i> ^{40**}
Flexión	75 ± 6,6°	79°
Extensión	74 ± 6,6°	59°
Desviación radial	21 ± 4,0°	21°
Desviación cubital	35 ± 3,8°	38°

Figura 9. Tabla amplitudes movimiento muñeca

(9)ANATOMÍA Y MOVIMIENTO HUMANO. Estructura y funcionamiento escrito por nigel palastanga, derek field, roger soames

Los movimientos descritos son los más comunes en cualquier persona. No són movimientos forzados y si lo son repetitivos. Esto último significa que la lesión puede darse sin haber hecho ningún ejercicio “explosivo” o un mal gesto. Cuando simplemente se pasan horas cada día escribiendo en el teclado del ordenador, se juega en arco de movimiento radial, esto puede generar una lesión y por lo tanto una rehabilitación para poder volver a escribir en este. Por tanto hay que cuidar la zona y en caso de dañarse, recuperarla.

4.3.2 SITUACIÓN ACTUAL DE LA REHABILITACIÓN

En la mayoría de los países desarrollados durante las últimas décadas estamos asistiendo a un aumento de la demanda de tratamientos de rehabilitación fisioterapéutica. Las razones que pueden ser causa de este aumento son:

- Una mayor información y concienciación por parte de las personas afectadas. Está al alcance de todos y se conocen las ventajas de esta a la hora de mejorar la capacidad de recuperación en caso de lesión o tras una operación y la calidad de vida en caso de ser una lesión crónica.

- Los avances en fisioterapia están demostrando que las personas que sufren enfermedades degenerativas pueden conseguir disminuir su dolor y por tanto, como en los otros tipos de lesiones, mejorar su calidad de vida aunque la enfermedad vaya en aumento.

- El aumento de la esperanza de vida hace que aumenten en número los pacientes que tienen esta terapia como rutina, ya que como en los anteriores puntos la calidad de vida es bastante superior.

- La utilización de tratamientos preventivos en los que se ha demostrado que la fisioterapia tiene un papel importante.

- Aumento de los tratamientos de pacientes con grandes incapacidades ingresados en centros hospitalarios.

- La mayor parte de la población es susceptible de ser atendido en un centro de rehabilitación a lo largo de su vida:

- Cualquier persona con algún tipo de lesión o dolor, relacionado con la postura o movimientos repetitivos en su puesto de trabajo. Han aumentado considerablemente los casos de dolor de dedos, manos y muñecas debido a la proliferación del uso del ordenador en muchos de los trabajos actuales.

- Todos los deportistas que puedan sufrir una lesión. En muchas ocasiones localizadas en manos y muñecas dependiendo de la actividad realizada.

- Las personas de edad avanzada que puedan necesitar un tratamiento de rehabilitación, por ejemplo para paliar los efectos de la artrosis o artritis, manifestada a menudo en las articulaciones de dedos y manos.

- Cualquier persona que sufra un accidente, doméstico, laboral, de tráfico. Son frecuentes las lesiones de muñeca debido al instinto de poner las manos para protegernos de la caída.

- Para terminar, otras personas que sufren patologías que deben tratarse en centros

de rehabilitación, como por ejemplo afectados de fibromialgia, dolor crónico u osteoporosis que puede ser la consecuencia de fracturas de huesos.

4.3.3 EVOLUCION DE LA MAQUINARIA DE REHABILITACIÓN

Vistas las situaciones generales en las que un individuo puede necesitar un tratamiento del tipo rehabilitador se debe investigar de qué manera se lleva a cabo por los profesionales del sector.

Existen dos maneras de tratar las lesiones o los dolores, de forma manual o con maquinaria especializada. En el caso que influye a este proyecto se analizarán a continuación las máquinas con las que se trata una lesión de muñeca. Sus tipos y su evolución.

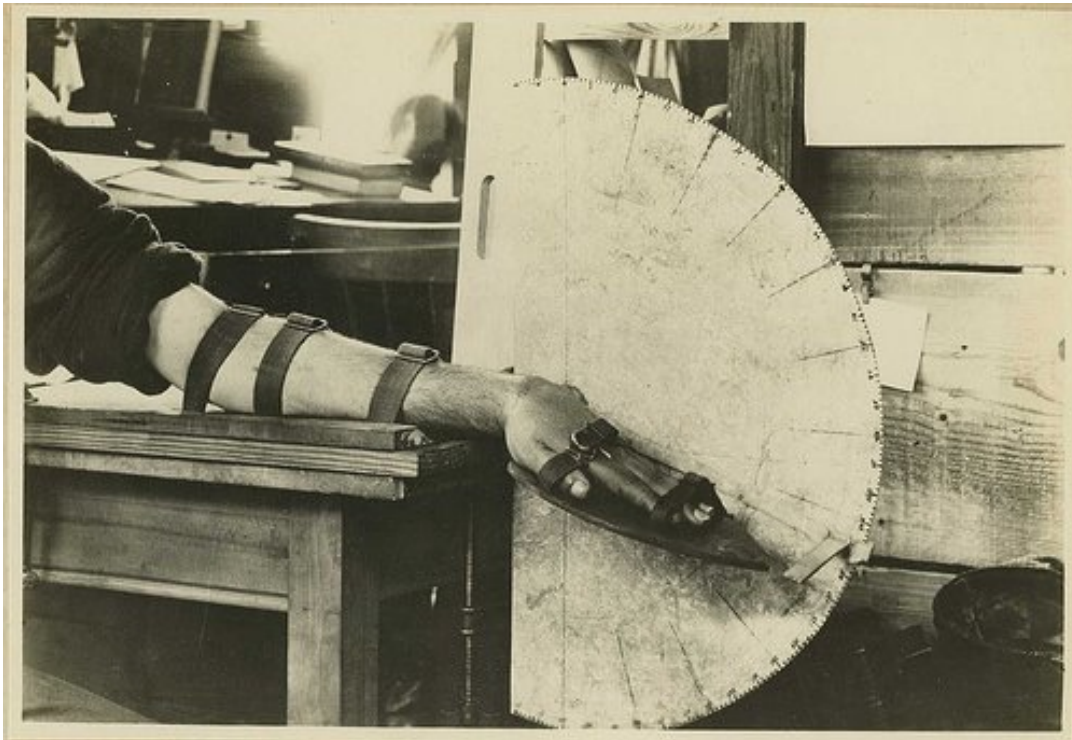


Figura 10. Maquina medición de movimiento de muñeca

<https://rehabilitacionymedicinafisica.wordpress.com/page/89/>

En la imagen de arriba se observa una de las primeras máquinas para medición del movimiento de la muñeca.

-Rueda de muñeca

Si se viaja hasta las primeras máquinas que se utilizaban en los centros de rehabilitación, se encuentra en uno de los primeros lugares este aparato, actualmente inutilizado. Se agarraba esta rueda y ayudaba a forzar el movimiento de la muñeca.



Figura 11. Rueda de muñeca

https://www.google.es/search?q=rueda+de+muñeca&client=firefox-b&source=lnms&tbn=isch&sa=X&ved=0ahUKEwilsYGp1rnNAhUJrxoKHd1xCiQQ_AUICCGB&biw=1807&bih=1006 - imgrc=oG5Nwq2ZwnyDSM%3A

Esta rueda ha ido evolucionando dando lugar a ruedas hechas con materiales más tecnológicos, a otros tamaños, etc. Pero este aparato actualmente se usa en una versión más moderna y habitualmente para rehabilitación de hombros.

Siguiendo con la evolución de esta rueda, se llega al tamaño e incluso a la forma, dejando de ser una rueda y pasando a ser una única barra.



Figura 12. Mesa de rehabilitación

<http://www.ebay.es/itm/MESA-METALICA-REHABILITACION-MANOS-DEDOS-ORTOPEDIA-/111077762490>

Pasando por estas evoluciones, se encuentra la última y más actual forma de la rueda de muñeca, siendo mucho más cómoda tanto en tamaño como en uso.



Figura 13. Rueda de rehabilitación portátil

<http://www.mundoabuelo.com/catalogue.php?idfamilia=371&breadcrumb=20,371>

-Barra de muñeca

Este sistema es menos útil que el rotatorio ya que no permite que la muñeca realice tantos movimientos como puede realizar con la rueda.



Figura 14. Barra de rehabilitación de muñeca

<http://www.cuidado.es/rehabilitacion-mano-muneca.html#/page/1>

La barra como la rueda también ha evolucionado. La versión moderna es una simple barra elástica con la que se “juega” doblándola.



Figura 15. Barra flexible de rehabilitación de muñeca

<http://www.atudeporte.com/sitio/taxonomy/term/52?page=1>

-Máquinas complejas de rehabilitación

La máquina más “simple” que se encuentra en el mercado es un aparato que va collado a la pared sin y que no necesita ayuda de ningún profesional para ser instalado. Es una variación de la rueda y la barra anteriormente vistas.



Figura 16. Barra flexible de rehabilitación de muñeca

<http://www.alomedica.es/fisioterapia/cinesiterapia/pronosupinador.html>

(10)CPM mano y muñeca. Permite el movimiento simultáneo de las tres falanges igualando la espiral de flexión fisiológica y permitiendo la formación de un puño cerrado normal. Se adapta a todos los dedos y muñeca tanto izquierda como derecha, desde el adulto más pequeño al más corpulento. Dispone de un mando a distancia que permite pre-programar cada movimiento aumentando la seguridad y mejor seguimiento de los protocolos. Indicado para; Tenolisis de flexores y extensores. Fasciotomía o aponeurectomía ante la enfermedad de Dupuytren. Artrolysis de la articulación metacarpo falángica. Reducción abierta y fijación interna de las fracturas de la falange proximal media distal. Rigidez reumática, neurológica o post-quemaduras.



Figura 17. CPM Fijo

<http://www.mundoabuelo.com>

CPM Portátil mano y muñeca. Ofrece una gran variedad de prestaciones para mano y muñeca per con el valor añadido de la portabilidad.CD ROM con instrucciones de usuario, técnicas quirúrgicas, anatomía funcional de la mano y mucho más. Rango de movimiento, desde 15° hipertensión a 270° flexión (puño completamente cerrado) Velocidad 5 niveles.

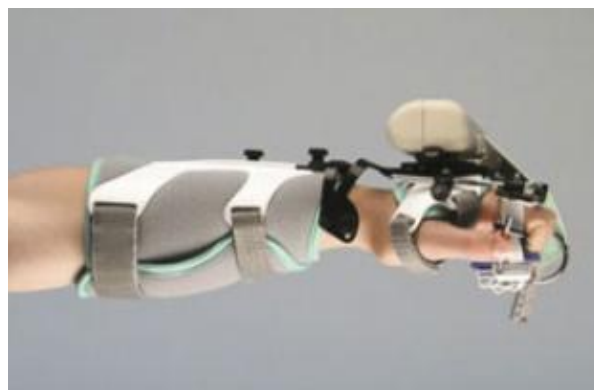


Figura 18. CPM Portátil

<http://www.mundoabuelo.com>

(10) <http://www.mundoabuelo.com/catalogue.php?idfamilia=371&breadcrumb=20,371>

(11) *Equipo de entrenamiento dinámico Muñequera y la rehabilitación de la mano y dedos. Dispositivo de Rehabilitación Reparación del tendón de los pacientes, Pulgar de la mano tendones largos y tendón extensor se refiere a la función ejercicio, la prevención y corrección contractura rígida*

Extensores de la muñeca y estiramiento se refiere a la parálisis de la máquina (parálisis del nervio radial lado)

Los pacientes con hemiplejía muñeca y la disfunción dedo; los dedos y las muñecas debilidad; a través de la capacitación para mejorar las partes relacionadas de los músculos y las actividades conjuntas asociado con una mayor.

Mano Drop (lesión del nervio radial), reparación del tendón

Ejercicios post-op



Figura 19. Equipo de entrenamiento dinámico

<http://es.aliexpress.com/item/Hand-Rehabilitation>

(11) <http://es.aliexpress.com/item/Hand-Rehabilitation-Training-Equipment-Dynamic-Wrist-and-finger-Orthosis-Finger-Rehabilitation-Device-Patients-Tendon-repair/32326258039.html>

(12) *Ejercicio de entrenamiento de fitness apretón de la mano y el antebrazo. Fuerza equipo máquina de rehabilitación de fisioterapia. Máquina de muñeca ajustable resistencia ejercitador.*

Ejercicios del antebrazo, la muñeca y los dedos.

Construye los músculos flexores y extensores y mejora la fuerza de agarre.

Cojines suaves proporcionan antebrazo y la muñeca sup Puerto con la máxima



Figura 20. Máquina de muñeca ajustable

es.aliexpress.com/item/Home-Body-Building-Fitness-Exercise

4.3.4 PROBLEMÁTICA DE LA REHABILITACIÓN

Cuando en la sociedad actual se conjugan el aumento de demanda de tratamientos en centros de rehabilitación y la constatación de que gran porcentaje la población puede necesitar a lo largo de su vida este tratamiento dirigido a la zona de la muñeca, se llega al punto de partida de este proyecto.

Tras sufrir una lesión, frecuentemente, la parte afectada debe inmovilizarse por un tiempo determinado. Durante este proceso se debilita la zona y se pierde fuerza en los músculos. Por esa razón es tan importante realizar buenas sesiones de rehabilitación, ejercitando de nuevo el músculo y trabajándolo para poder volver a realizar todos los movimientos con normalidad.

(12)es.aliexpress.com/item/Home-Body-Building-Fitness-Exercise-Training-Hand-Grip-Forearm-Strength-Equipment-Physiotherapy-Rehabilitation-Machine-YG01010/1679264744.html

Como se ha comentado anteriormente, este proyecto se enfoca específicamente a la recuperación y rehabilitación de la muñeca, zona propensa a sufrir lesiones o que también puede sufrir las consecuencias de alguna enfermedad crónica.

Para una buena recuperación es esencial empezar a trabajar la muñeca de forma progresiva para alcanzar la máxima movilidad posible. Realizar una correcta rehabilitación es clave para ir recuperando la movilidad de la muñeca después de un periodo de inactividad provocado por una lesión.

La rehabilitación debe realizarse durante un periodo indeterminado según el grado de la lesión, por lo que es necesario que el lesionado se desplace a la clínica más cercana un mínimo de tres veces por semana.

Con el ritmo de vida actual de muchas personas: trabajo, estudios, transporte, hijos, etc., a menudo se hace complicado compatibilizar el ajetreo diario con el traslado hasta la clínica.

En consecuencia, en muchas ocasiones, el lesionado deja de asistir a las sesiones de rehabilitación, disminuye su frecuencia o las abandona antes de tiempo, provocando una incorrecta sanación de la lesión.

Actualmente las personas mayores gozan de la ayuda del transporte médico, pero no sucede lo mismo con jóvenes y adultos, que en muchos casos deben hacer verdaderos esfuerzos para poder asistir a las sesiones y conciliar esta actividad con el resto de sus obligaciones.

Este es el punto flaco en el que se centra este proyecto, ayudar a este target de personas que no tienen la facilidad o el tiempo de asistir continuamente al centro médico o sencillamente prefieren realizarlo en la intimidad sin un tiempo u horario estipulado.

4.4 ESTUDIO DE MERCADO

Para llevar a cabo un proyecto que concuerde con las necesidades reales de las personas que sufren una lesión y entender la dificultad que pueden tener estas para realizar una buena rehabilitación debemos hacer un estudio cualitativo. Este estudio consiste en realizar una reunión con siete personas que hayan sufrido o sufran una lesión, y siete profesionales del sector que sepan cómo se debe tratar esta y las carencias que puedan afectar a una sesión de rehabilitación.

En primer lugar fijaremos el target, esto no es más que el perfil del sector de la población al que va a estar enfocado este producto. En este caso se tratará de individuos de una edad comprendida entre los 18 y los 65. El motivo de fijar esta franja de edad es que este proyecto va enfocado a personas que están en edad laboral, y que por lo tanto su horario no les permite dedicarse a la hora que convenga a realizar una rehabilitación casi diariamente. Este producto pretende que estas personas superen su lesión sin tener que dejar de acudir a su trabajo o a sus quehaceres. Este proyecto no rechaza gente mayor ni niños, pero a estos sectores de población se les ofrecen unas ayudas que la gente en edad laboral no tiene. Por ejemplo, ambulancias que van a recogerlos cada día, o la facilidad de poder acudir sin faltar a otro lugar o desatender alguna obligación.

Primera reunión.

En la primera reunión asistirán siete personas que hayan sufrido o sufran una lesión que les obligue a llevar a cabo un proceso de rehabilitación, teniendo en cuenta el esfuerzo y la disponibilidad que esto conlleva. Es una reunión con respuesta abierta, se realizarán una serie de preguntas pero siempre dejando al encuestado que de su

opinión sobre su situación personal, para saber más sobre las opiniones reales de estos individuos.

La reunión dividirá los resultados entre personas de 18 a 30 y de 31 a 65, ya que las circunstancias suelen ser distintas en estos tramos de edad y es más positivo valorarlo por separado.

Este encuentro durará aproximadamente una hora teniendo en mente un “timing” para cada pregunta, de esta manera las preguntas no se extenderán mucho ni serán demasiado breves.

Las preguntas que se llevarán a cabo son las siguientes.

1- ¿Qué tipo de lesión sufres y en qué parte del cuerpo?

Tobillo derecho: Artefactos ferromagnéticos y agrandamiento de las partes blandas en la zona del Maléolo perineal (cirugía previa). Rotura crónica de los ligamentos PAA y PC y posible lesión crónica del ligamento deltoides.

2- ¿De qué nivel de gravedad?

Grave

3- ¿Con qué frecuencia realizas tus sesiones de rehabilitación?

5 días a la semana durante 3 meses.

4- ¿Dónde ha realizado estas sesiones?

En un centro de rehabilitación (carrer Parlament) me derivó el traumatólogo.

5- ¿Cómo se ha desplazado hasta el centro?

Andando, estaba a 2min de casa.

6- ¿Le ha supuesto un problema tener que ir a la hora acordada con el profesional?

En ese momento no, ya que me facilitaron un horario acorde con la universidad.

7- ¿Con qué problemas se ha encontrado durante el proceso de rehabilitación?

Había maquinaria más específica que requería espera de varios pacientes, pero no más de 10 minutos.

8- ¿Cree que podría hacer las sesiones de rehabilitación por su cuenta?

Hay ejercicios que pueden hacerse en casa, pero en el caso de ejercicios con maquinaria como por ejemplo las corrientes eléctricas, no se pueden realizar.

9- ¿Sería usuario de un producto que permitiera hacer la rehabilitación en casa o en su trabajo?

Si, ya que al ser una lesión crónica que necesita unos tipos de ejercicios constantes, me permitiría poder realizarlo en cualquier momento y en cualquier lugar sin depender de un centro.

Cada pregunta tendrá un tiempo de respuesta de 8 minutos, realizando una reunión de una hora y doce minutos.

Segunda reunión.

En esta segunda reunión reunimos a siete profesionales del sector de la fisioterapia. El proceso es diferente al anterior, en este caso las preguntas que se llevarán a cabo son de respuesta cerrada ya sea “sí” o “no” y valoración de 1 a 10.

Es muy importante que en este encuentro se enseñe un prototipo o un esquema de producto que se pretende comercializar ya que si los profesionales no lo ven viable se deberá realizar un rediseño del proyecto.

Las preguntas que se llevarán a cabo son las siguientes:

1- ¿Con qué frecuencia se tratan lesiones de muñeca o tobillo? 1-10

2- ¿Suelen tratar esta lesión masajeando la zona (1) o con máquinas especializadas (2)? 1-2

3- ¿Cuánto tiempo tardan estas personas lesionadas en recuperar la movilidad sin dolor? 1-10

4- ¿Cómo consideran que son las instalaciones por lo general donde se realizan estos tratamientos? 1-10

5- ¿Las máquinas que se utilizan tienen una calidad óptima? 1-10

6- ¿Los usuarios lesionados confían más en la máquina (1) o en el fisioterapeuta (2)?
1-2

7- ¿Escuchan a los pacientes quejarse de tener que ir continuamente al centro indicado? 1-10

8- ¿Personalmente, que carencias creen que tiene este servicio? Respuesta abierta

9- Mostrando el prototipo de la máquina, ¿Cuál es su opinión sobre esta?

En esta ocasión la reunión las preguntas se realizarán en menos tiempo, obviamente siempre abiertas a debate pero el peso de este encuentro estará en la opinión de los profesionales a cerca del producto que se somete a estudio. Se estima que la reunión dure una hora.

4.4.1 GRAFICOS RESULTADOS LESIONADOS

-Duración del tratamiento

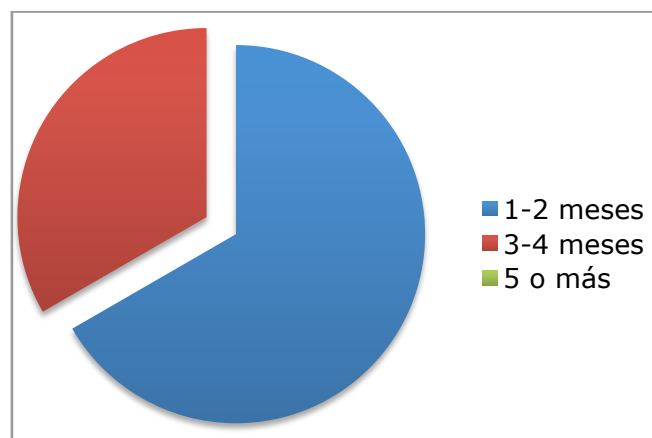


Tabla 1. Gráfico duración tratamiento; Fuente propia

En esta pregunta la mayor parte de los encuestados no han estado más de dos meses asistiendo a rehabilitación

-Distancia al centro de rehabilitación

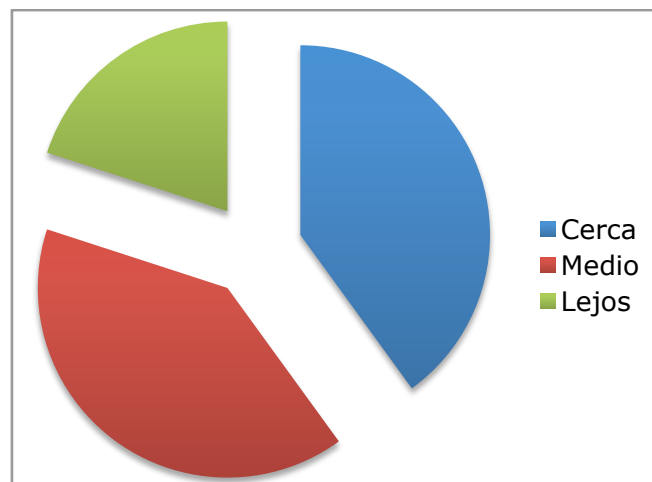


Tabla 2. Gráfico distancia a centro; Fuente propia

Los resultados confirmaron que los centros suelen estar cerca de la vivienda del

-Problemas para desplazarse

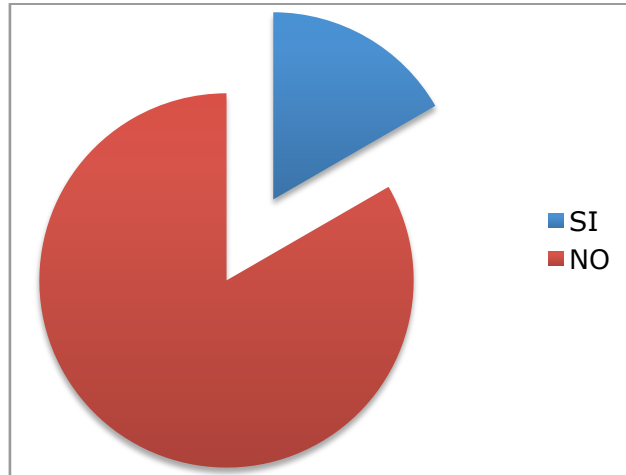


Tabla 3. Gráfico problemas desplazamiento; Fuente propia

La gran mayoría de los lesionados no tuvieron ningún problema de desplazamiento ya que el centro era próximo.

-Se considera el usuario capaz de realizar las sesiones por su cuenta

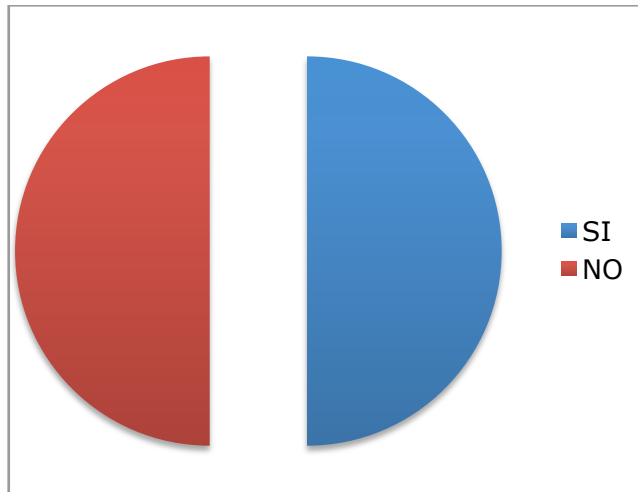


Tabla 4. Gráfico tratamiento cuenta propia; Fuente propia

Esta pregunta causó debate, ya que muchos de los afectados creen poder hacer los ejercicios en casa, el conflicto es que les gusta que se lo trate un profesional cualificado, o bien una máquina, de manera que ellos se aseguren la evolución en su lesión.

Por comodidad, todos los harías, pero por falta de información, no.

-Sería el lesionado usuario del producto

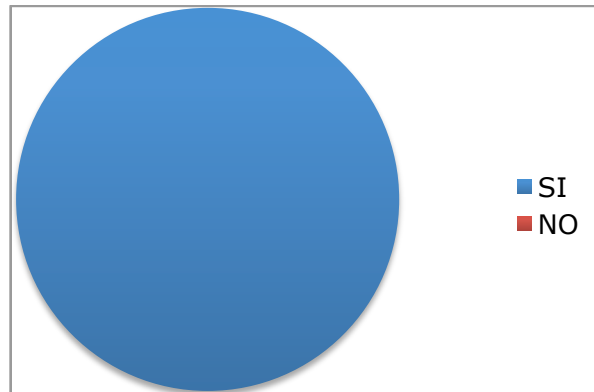


Tabla 5. Gráfico posible usuario; Fuente propia

Ninguno de los encuestados comentó que no quisiese ser usuario de este tipo de producto, al contrario, el debate fue muy positivo, respecto a lanzar esta máquina al mercado.

4.4.2 GRAFICOS RESULTADOS FISIOTERAPEUTAS

-Frecuencia con la que tratan una muñeca

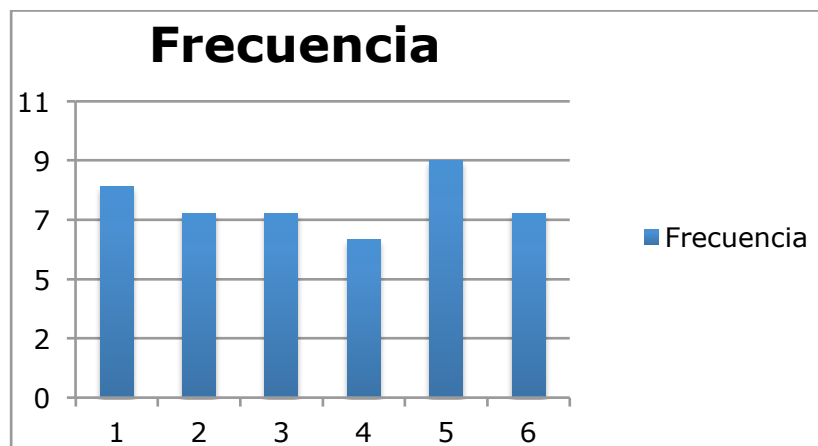


Tabla 6. Gráfico frecuencia de tratamiento; Fuente propia

Los especialistas observan que el número de lesionados en la muñeca es muy alto, ya que son lesiones muy frecuentes.

-Se utiliza más el masaje a mano o la maquinaria de rehabilitación

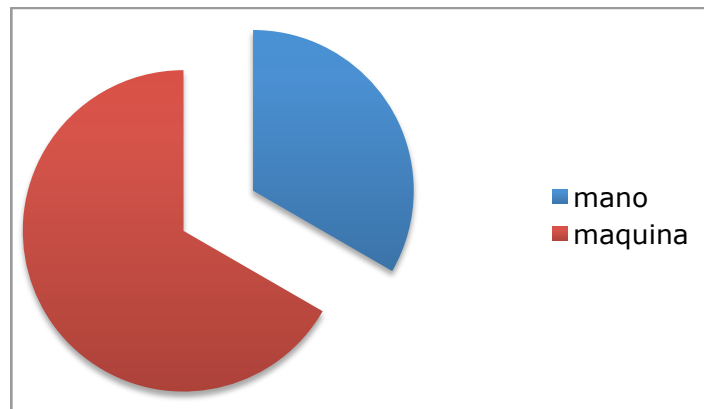


Tabla 7. Gráfico comparativa mano/maquina; Fuente propia

Los fisioterapeutas explicaron que estas lesiones suelen tratarse con máquinas, no con masajes o tratamientos manuales.

-Tiempo de recuperación del lesionado

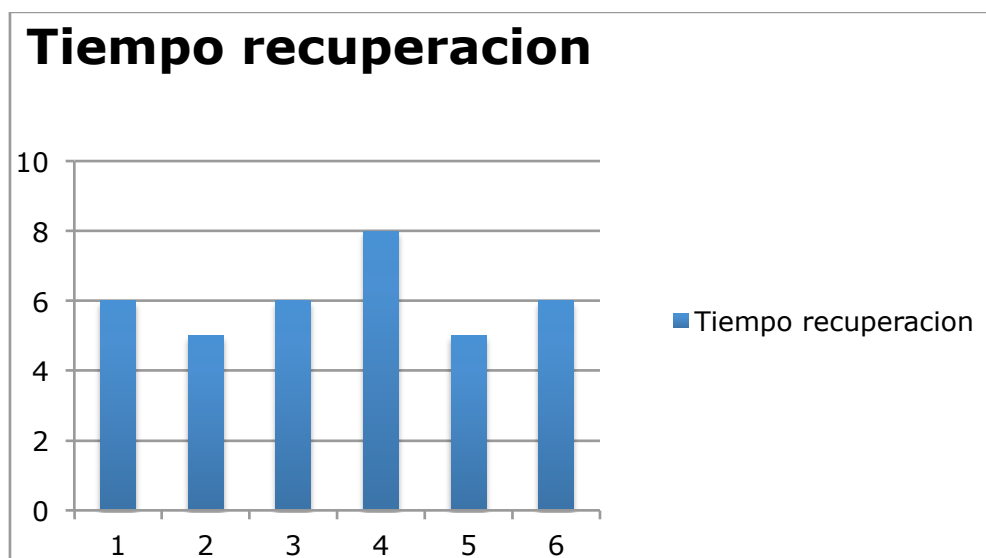


Tabla 8. Gráfico tiempo recuperación; Fuente propia

Por el debate que se abrió en esta pregunta se deduce que hay pacientes que pasan muchos meses en rehabilitación, sobre todo si no se puede acudir cada día o varias veces a la semana.

Es un proceso muy largo ya que primero hay que recuperar el movimiento por completo, y una vez se ha recuperado este, se debe trabajar la fuerza de la

-Calidad de las instalaciones

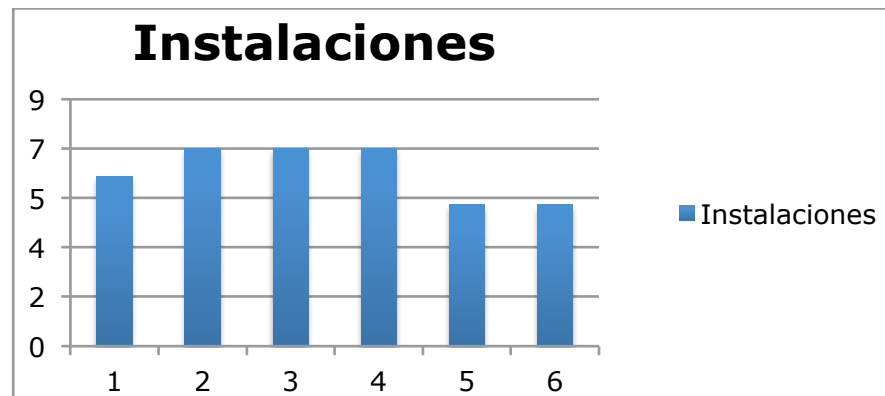


Tabla 9. Gráfico calidad instalaciones; Fuente propia

Los profesionales, en general dieron una nota bastante media para las instalaciones, por lo visto ninguno de ellos trabaja en un centro con unas máquinas nuevas o con unas instalaciones muy modernas.

-Quejas de los lesionados por tener que desplazarse



Tabla 10. Gráfico quejas por desplazarse; Fuente propia

En esta pregunta se comentó que muchísima gente, durante la terapia se queja de tener que transportarse hasta el centro, y de la comodidad que sería poder tener este servicio en casa.

De esta pregunta se dedujo que si el nivel adquisitivo de estas personas fuese más alto, probablemente el tratamiento lo llevarían a cabo en sus casas.

-Preferencia respecto a terapeuta o máquina

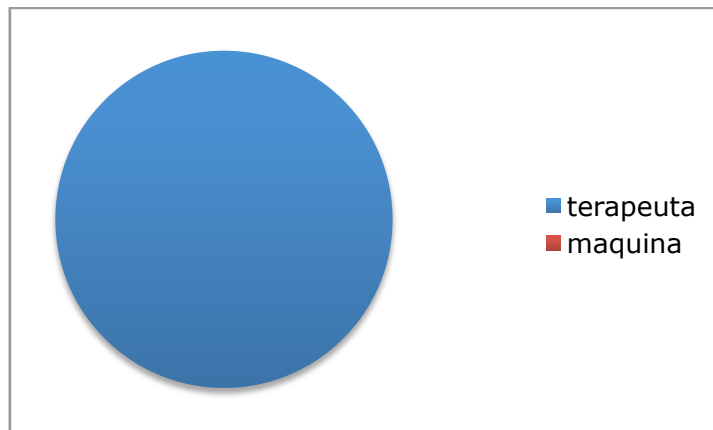


Tabla 11. Gráfico preferencia; Fuente propia

Esta pregunta fue clara, todos los pacientes prefieren que el terapeuta los trate personalmente.

Respuesta abiertas, debate.

Durante el debate en las preguntas abiertas (8; encuesta 2), pudo observarse que todos los profesionales coincidían en que la salud es lo más importante en la vida, ya que consiste en mejorar las posibles lesiones de una persona. Mejorar la movilidad, ayudar a recuperar funciones perdidas, mitigar el dolor y prevenir más lesiones y daños utilizando una gran variedad de métodos, entre los que se encuentran los ejercicios, los estiramientos, tracciones, estimulaciones eléctricas y otras máquinas o masajes.

Para la última pregunta de la encuesta, dónde debían dar la opinión sobre la máquina, ellos consideraron que todo método utilizado en fisioterapia es importante para una buena recuperación de la lesión. Pero para ellos lo más importante a la hora de tratar son las propias manos del fisioterapeuta. Creen que este producto podría dar un gran avance a la recuperación de la movilidad del instrumento máspreciado para todos ellos, las manos.

4.5 CONCLUSIONES DEL ESTUDIO DE MERCADO

Sobre la primera reunión, que se llevó a cabo con las personas que habían sufrido algún tipo de lesión y por tanto habían hecho sus tratamientos de rehabilitación, se sacaron varias conclusiones. En primer lugar que estas personas son en su mayoría reacias a ir a estos centros, que creen que les ocupa demasiado tiempo durante demasiado tiempo.

En cierto que todas estas personas se tratarían de forma personal con un fisioterapeuta que les atendiese los días necesarios, en casa, pero el tener que ir, esperar que el usuario que ya está allí cuando ellos llegan acabe de usar la máquina que luego debe usar el, el tiempo rodeado de gente mientras te tratan, son gadgets que se podrían solventar sin tener que acudir a un terapeuta personal que les trate en casa por un precio muchísimo más alto del que pagan.

Sobre la segunda reunión, donde se enseñó el prototipo de la máquina, de extrajo que, siendo un producto viable, que funciona y que supliría las carencias de los afectados, se observó cierta preocupación por parte de estos profesionales ya que las

máquinas están avanzando mucho, y siempre es algo que asusta el hecho de que una máquina pueda substituir a la persona. Siendo claros, estos profesionales fueron muy sinceros respecto a las carencias de los centros y a lo que la gente que va a tratarse cree que no está bien o no le resulta cómodo.

Después de este estudio se deduce que el producto podría entrar en el mercado y no sería rechazado por el usuario final.

5. DAFO

5.1 ANÁLISIS

5.1.1 DEBILIDADES

Uno de los mayores retos de este proyecto es la escasa experiencia en cuanto a temas fisiológicos se refiere. Adentrarse en un mundo tan complejo puede ser un handicap.

También el hecho de que se parte sin ningún presupuesto económico, por lo que para fabricar y comercializar este producto será esencial la participación de empresas o centros que quieran participar en este proyecto.

Por otra parte este será un producto muy innovador lo que puede crear rechazo y desconfianza por parte del usuario.

Falta de interés del usuario si este no siente demasiado dolor y por lo tanto no muestra gran interés por buscar soluciones.

Desconocimiento del material utilizado para la fabricación.

5.1.2 AMENAZAS

Una de las mayores amenazas puede ser a la hora de encontrar empresas o centros que quieran hacerse partícipes de este proyecto, puede que no vean viabilidad o sientan desconfianza.

Otra de las amenazas puede ser la aparición de errores durante el proceso de fabricación ya que siempre pueden surgir problemas en un diseño nuevo.

Por lo que al producto se refiere puede que una gran amenaza sea los hábitos arraigados del sistema actual de rehabilitación. Los pacientes potenciales pueden rechazar el producto al pensar que no recibirán la atención del profesional sanitario.

5.1.3 FORTALEZAS

Realizar un proyecto interesante y que permite un aprendizaje constante es sin duda la mayor fortaleza.

Por otra parte, aunque finalmente el coste del producto no fuese muy económico, se asemejaría al coste actual de una sesión de rehabilitación con un fisioterapeuta. El hecho de que se proporcione en alquiler puede ayudar a los centros a rentabilizar su compra.

Un gran punto a favor será la posibilidad de tener total independencia. El lesionado puede programar su horario personalizado de sesiones, se ahorra desplazamientos inútiles y al involucrarse en el proceso adquiere mayores conocimientos de su lesión y tratamiento. Utilizando este método podría solucionarse el problema de la masificación de centros de rehabilitación, ya que el paciente solo debería acudir para que el especialista le muestre como realizar los ejercicios y establezca el volumen de trabajo según el momento de recuperación y el tipo de lesión y se le enseñe el manejo del aparato.

Incluso cabría la posibilidad de que el especialista se trasladase al domicilio de sus pacientes regularmente pero menos frecuentemente de lo que iría el enfermo al centro de recuperación en caso de no utilizar esta propuesta, de este modo se conseguiría un seguimiento personalizado sin representar un sobreesfuerzo por ninguna de las dos partes.

El especialista podría dedicar su atención y cuidados al paciente y este se sentiría protegido y atendido correctamente sin salir de su domicilio. También, el hecho de realizar las sesiones en casa donde uno se siente seguro y suele tener a mano el espacio donde sentirse cómodo, podría influir positivamente en lograr una buena sanación.

Al ser un producto innovador puede atraer la atención y curiosidad del usuario por probar un nuevo sistema de rehabilitación, especialmente si no es la primera vez que se lesiona y ya ha tenido que sufrir las incomodidades de un tratamiento en un centro.

5.1.4 OPORTUNIDADES

Este proyecto ofrece la oportunidad de aprender sobre el diseño en un sector totalmente desconocido. Esto facilita que en un futuro se pueda trabajar para otros sectores sin el miedo que genera la falta de experiencia.

Un punto importante será el contacto con empresas del sector, ya que es un campo totalmente nuevo, involucrarse en un proyecto y ver cómo estas se implican o no, sabiendo la dificultad que tendría llevar un producto a su diseño final.

5.5. TABLA DAFO

DEBILIDADES	FORTALEZAS
<ul style="list-style-type: none"> o Inexperiencia en temas fisiológicos. o Falta de confianza en el producto. o Producto nuevo en el mercado. o Capacidad financiera limitada. o Desconocimiento del material utilizado. 	<ul style="list-style-type: none"> o El elevado coste de una sesión de rehabilitación con un fisioterapeuta. o Posibilidad de tener total independencia durante el proceso de cura. o El usuario tiene mayores conocimientos de su lesión y tratamiento. o Curiosidad por probar un sistema nuevo. o Producto innovador.
AMENAZAS	OPORTUNIDADES
<ul style="list-style-type: none"> o Los fisioterapeutas utilizan máquinas específicas y los usuarios posiblemente confíen más en esta opción. o Hábitos arraigados. o Encontrar sponsors. 	<ul style="list-style-type: none"> o Comodidad del lesionado al no tener que trasladarse cada día para hacer los ejercicios. o Es un incentivo para la mejora de la calidad del servicio. o Producto sin competencia real. o Contactar con empresas durante el proceso de diseño.

Tabla 12. Tabla DAFO; Fuente propia

6. METODOLOGÍA DEL DISEÑO

Tras encontrar una situación susceptible de ser mejorada y proponer una idea de mejora, es de gran ayuda la realización de un brainstorming, este ayuda a analizar y ordenar las ideas que surgen de un mismo concepto y poder empezar a darle forma al proyecto.

6.1 BRAINSTORMING

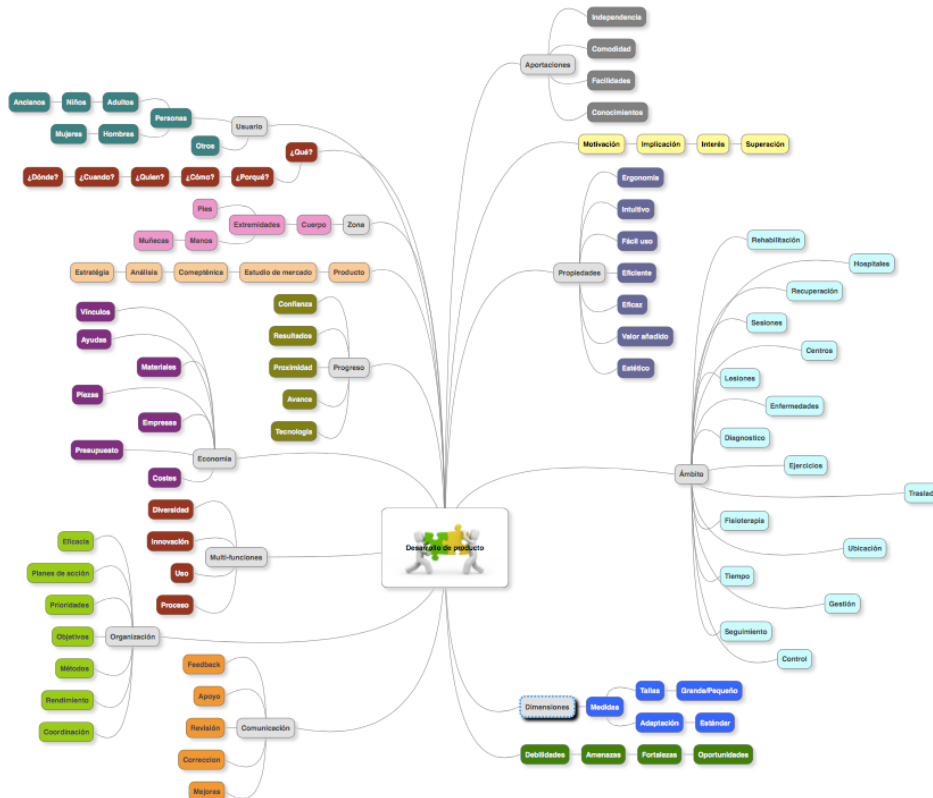


Figura 20. Brainstorming; Fuente propia

6.2 DISEÑO Y DESARROLLO DEL PROTOTIPO

Tras llevar a cabo el brainstorming y acotar la propuesta de mejora expuesta anteriormente, se han realizado varios bocetos. Mediante estos esbozos se ha empezado a planear y proyectar, proponiendo un modo para solucionar la problemática y tratando de descubrir la posibilidad y viabilidad de la solución.

Dar cuerpo y volumen a una idea inicial requiere de tiempo y dedicación, así que antes de apostar por alguna de las opciones, se han descartado otras que a priori parecían menos viables.

A continuación se explican conceptualmente algunas de las propuestas, mostrando su funcionamiento, las partes que las componen y los motivos por los que se descartaron.

6.2.1 PRIMERA PROPUESTA

La idea de esta primera propuesta surgió basándose en los ejercicios que debe hacer el paciente, se pensó en un método que ayudara a abrir y cerrar la mano y a extender y flexionar la muñeca.

6.2.1.1 FUNCIONAMIENTO

El aspecto exterior de este producto es el de un guante, pero con la complejidad de llevar un mecanismo interno que lo hace más robusto y pesado. En el interior del guante, donde se encuentran las falanges y el palmar de la mano, hay unas placas de silicona que hacen de sujeción, consiguiendo de esta manera que el guante quede sujeto a la extremidad, dejando libres las articulaciones para poder realizar sin impedimentos la actividad.

Estas placas de silicona tienen unas presillas a través de las cuales pasa el filamento que une las diferentes partes de la extremidad con los servos que se encuentran en la base del guante.

Mediante el recorrido del eje de salida se consigue que las falanges y la palma de la mano se extiendan o se flexionen.

6.2.1.2 DISTRIBUCIÓN DE LA PARTES

Este diseño consta de cuatro partes claramente diferenciadas:

- En la zona de las falanges y la palma de la mano hay unas estructuras representadas en los bocetos en color azul que son las responsables de unir el guante a la mano con la suficiente presión como para poder transmitir el movimiento del servo a través del filamento.

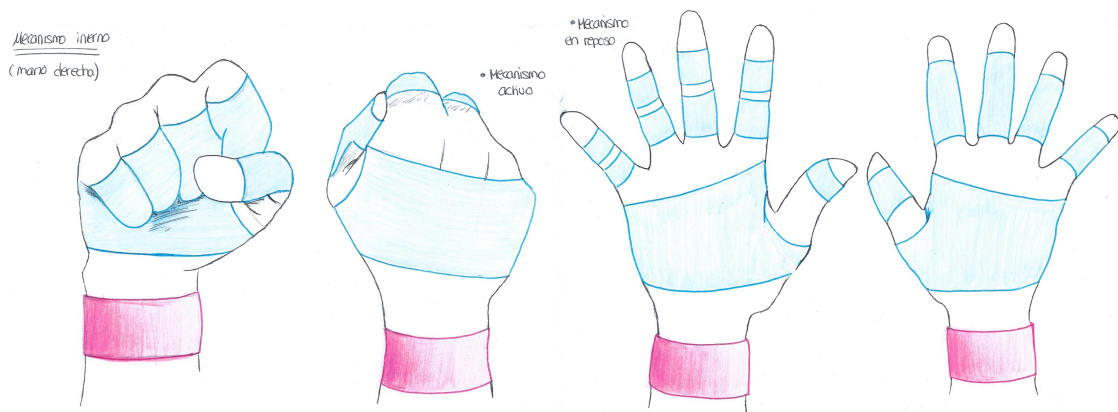


Figura 21. Primera propuesta esbozo; Fuente propia

-En los esbozos se observa marcado en verde un filamento que recorre toda la mano uniéndose en determinadas partes de las estructuras de silicona. Este filamento de (material) conecta los puntos donde debe aplicarse la presión con los servos.

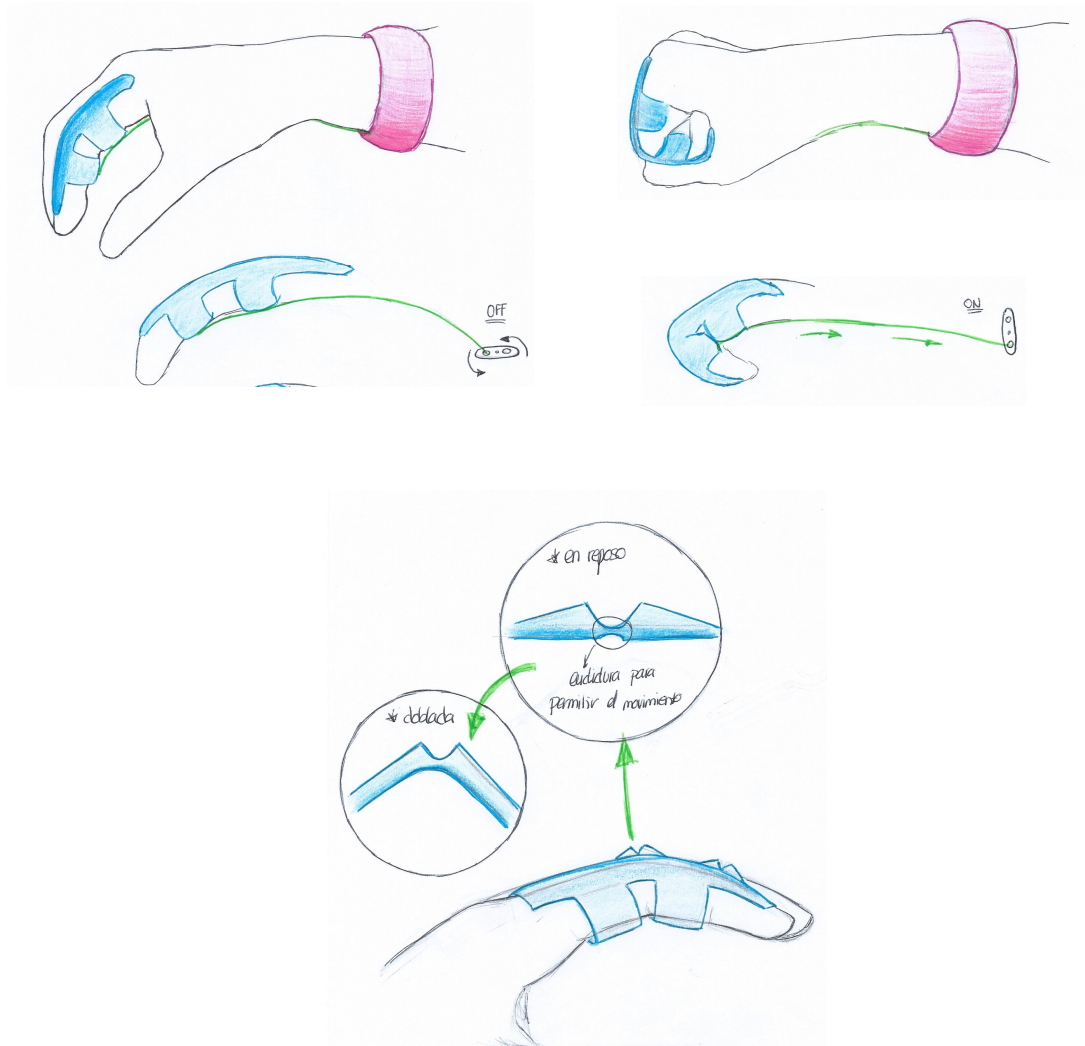


Figura 22. Primera propuesta mecanismo; Fuente propia

- La zona representada en forma de brazalete, simboliza el espacio donde se ubican los elementos electrónicos del producto. Para poder lograr el movimiento deseado, es necesaria una batería y cinco servos, estos elementos deben colocarse en la zona que interfiera menos con el movimiento de la muñeca y a su vez tenga el suficiente espacio para fijar los aparatos electrónicos y su cableado. Por lo tanto la zona del antebrazo se considera la más adecuada.

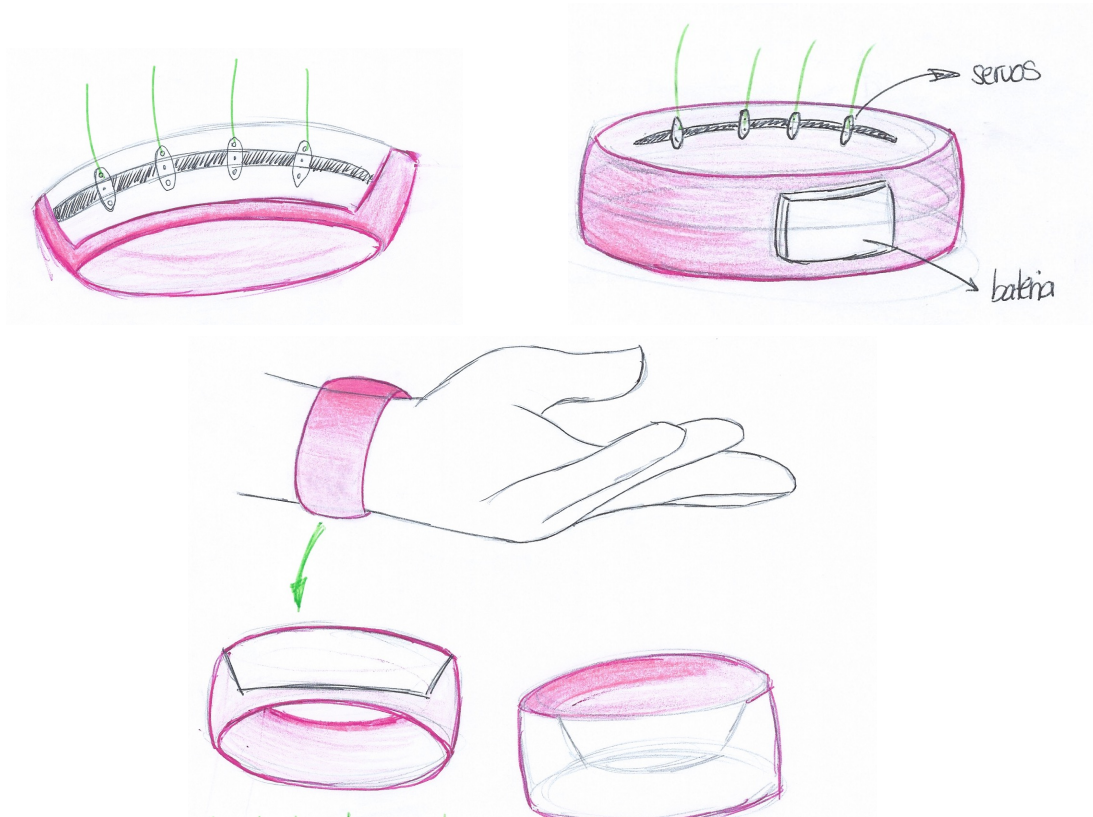


Figura 23. Primera propuesta parte electrónica; Fuente propi

- Por ultimo está el recubrimiento o parte externa del producto, es un guante con dimensiones mayores a los habituales ya que debe contener en su interior todos los mecanismos comentados anteriormente.

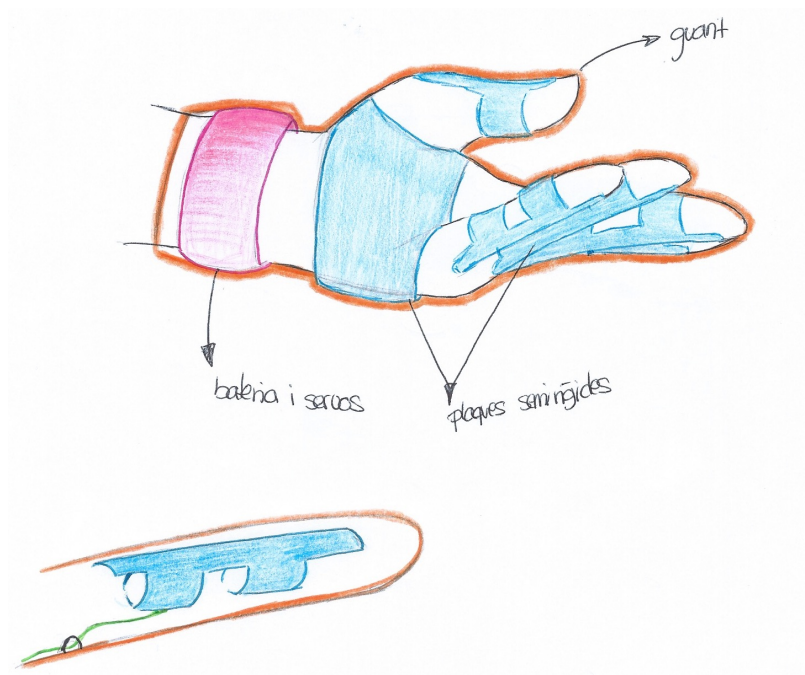


Figura 24. Primera propuesta conjunto interno; Fuente propia

Para mayor comodidad debería fabricarse un elemento donde el usuario pudiera apoyar el ante brazo durante la sesión.

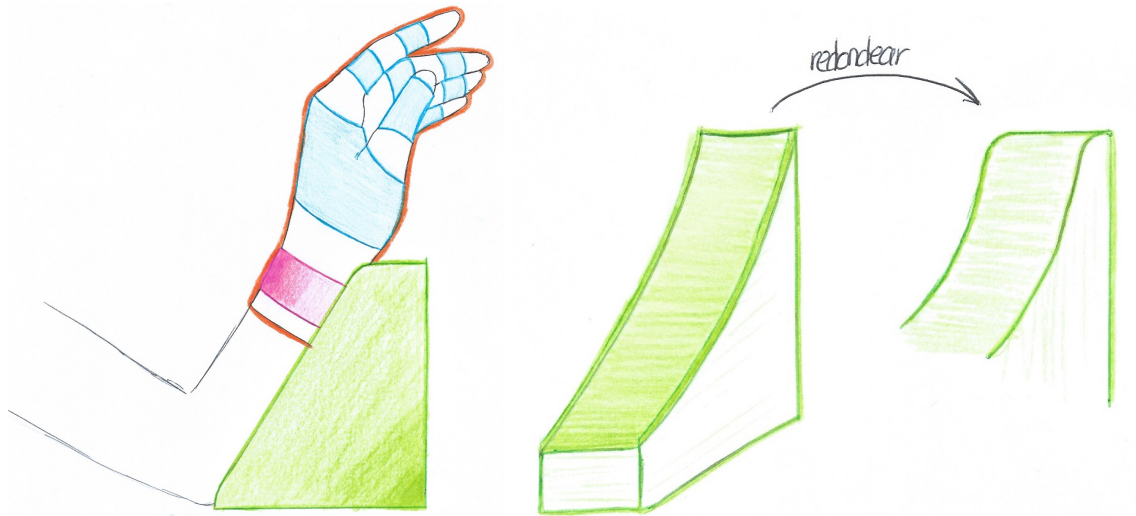


Figura 24. Primera propuesta soporte; Fuente propia

6.2.1.3 CONCLUSIÓN DE LA PROPUESTA

Tras estudiar detenidamente esta propuesta se valoraron sus pros y sus contras para determinar su factibilidad y tomar la decisión de llevarla a cabo o rediseñar la idea.

Los puntos a favor de esta propuesta serían la utilización de poco material, la estética final del producto y el bajo coste económico de este.

Los aspectos que llevan a descartar esta propuesta son el exceso de filamentos internos, la falta de viabilidad real debido a la funcionalidad del sistema interno y la falta de necesidad del movimiento de los dedos.

6.2.2 SEGUNDA PROPUESTA

Descartada la primera propuesta y teniendo en cuenta sus carencias, se siguió trabajando y plasmando ideas para poder realizar una propuesta mejorada. Se decidió diseñar el producto más completo, es decir, intentar incluir los tres pasos de la rehabilitación (calor, electro estimulación y movimientos) en un mismo producto.

6.2.2.1 CAMBIOS REALIZADOS

En primer lugar se modificó el guante de la primera propuesta, eliminando la parte de los dedos y centrándose únicamente en la zona de la palma de la mano, lo que vendría a ser un guante sin dedos. De esta manera el producto gana en eficacia i funcionalidad a la vez que tiene mayor probabilidad de convencer al usuario de su valor y resultados.

6.2.2.2 FUNCIONAMIENTO

Esta propuesta consta de las tres fases de la rehabilitación comentadas en puntos anteriores:

- Termoterapia: Mediante un guante de multifilamento de poliamida, que soporta las condiciones de una elevada temperatura sin modificar sus propiedades, y

colocando en su interior una placa eléctrica controlada por un termopar, se eleva la temperatura de la zona a tratar. Una vez llega a la temperatura, adecuada, se conserva hasta la finalización de la sesión. Este guante se abriría por el centro y permitiría adaptarlo a diferentes medidas, de esta forma la fabricación sería más económica y sencilla.

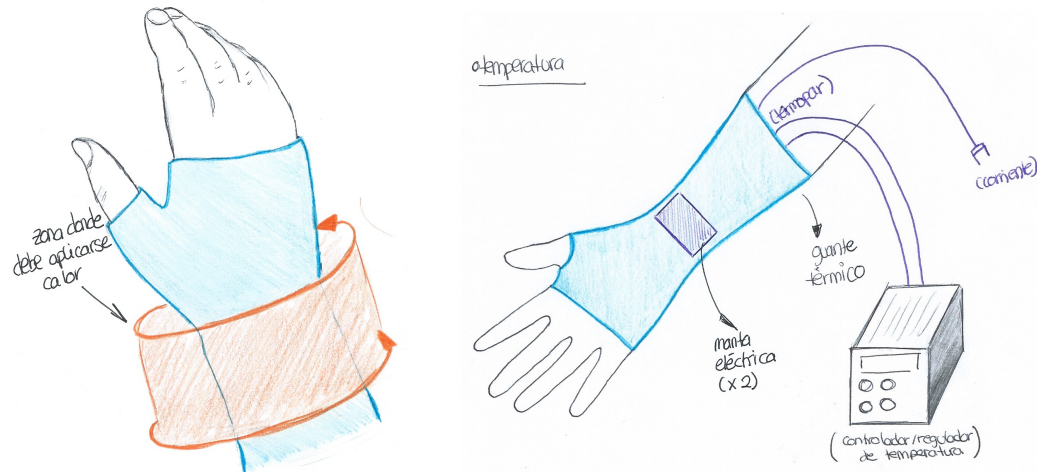


Figura 25. Segunda propuesta guante manta eléctrica; Fuente propia

- Electro estimulación: en la zona interior del guante se colocarían también los electrodos. A través de pequeñas descargas controladas y de intensidad regulable, ayudarían al paciente a fortalecer la zona.

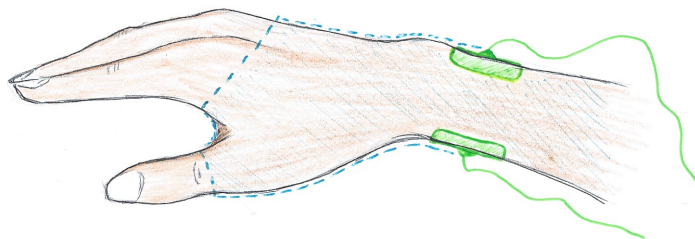


Figura 26. Segunda propuesta guante electrodos; Fuente propia

- Movimientos: Por último se diseñaría la carcasa del producto en la que se colocarían cuatro pistones en un extremo que unirían la base del ante brazo con la mano. A través de la flexión y extensión de los pistones se conseguirían los movimientos adecuados.

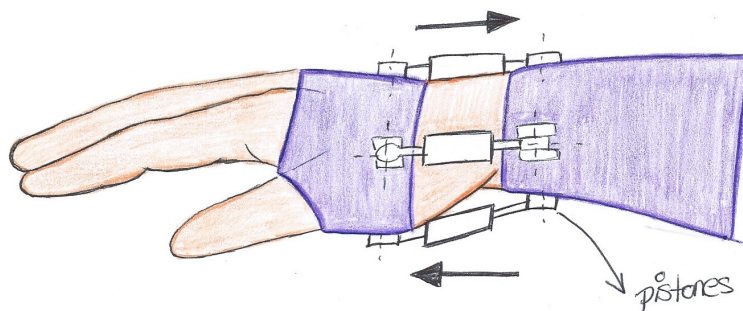


Figura 27. Segunda propuesta movimientos; Fuente propia

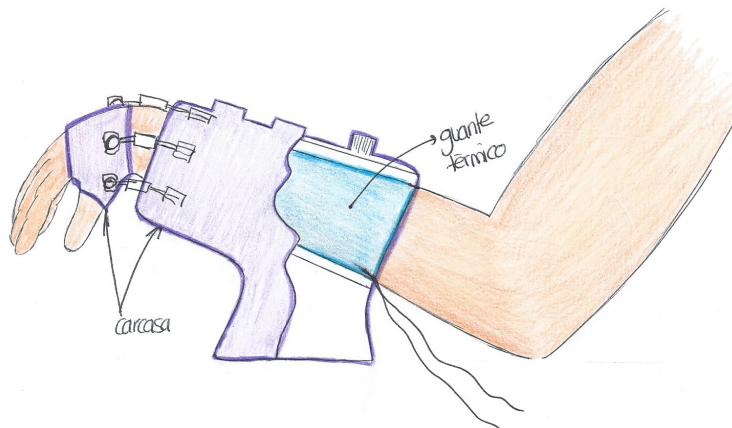


Figura 28. Segunda propuesta interior; Fuente propia

Estudiando esta propuesta se consideró cambiar el mecanismo de pistones por uno de transmisión por correa dentada. De esta forma se conseguiría un producto menos aparatoso y más preciso en sus movimientos.

Para su fabricación serían necesarios dos motores, dos ruedas y dos piñones ya que ambos movimientos, tanto el horizontal como el vertical, se realizarían independientemente el uno del otro.

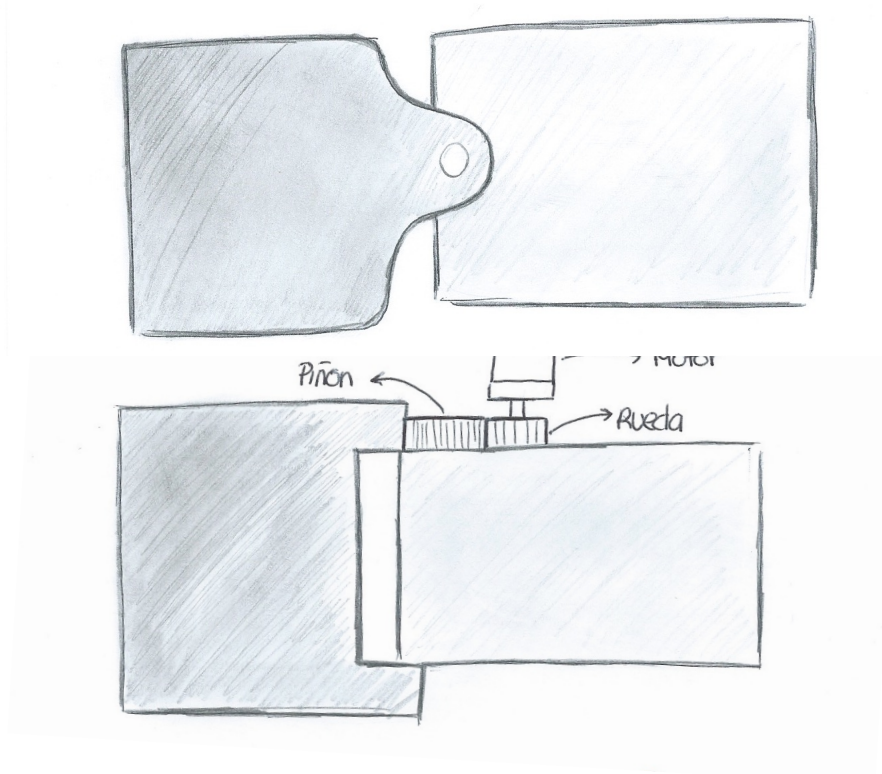


Figura 29. Segunda propuesta alzado y planta mecanismo; Fuente propia

En la figura 30 se puede observar con claridad la disposición de los elementos para ambos movimientos.

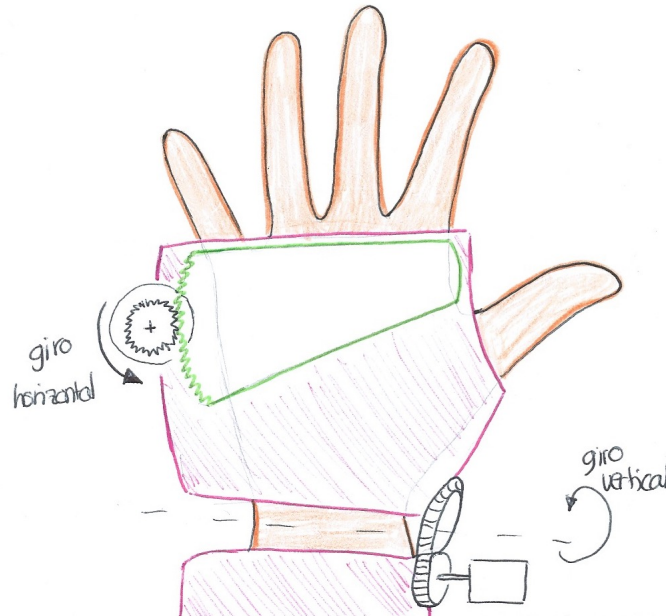


Figura 30. Segunda propuesta transmisión correa dentada; Fuente propia

El mecanismo giro horizontal de la mano (20 y 30 grados) se encontraría en el interior de la carcasa principal en la zona que cubriría la palma de la mano, mientras que el mecanismo del giro vertical debería colocarse en los dos lados de la carcasa, mano y ante brazo.

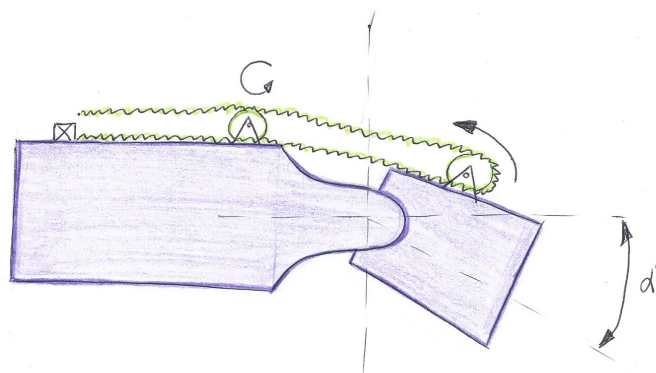


Figura 31. Segunda propuesta transmisión movimiento interior; Fuente propia

6.2.2.3 CONCLUSIONES SEGUNDA PROPUESTA

Realizada la segunda propuesta se han estudiado detenidamente sus pros y sus contras.

-Es un producto de gran funcionalidad y eficacia, tiene múltiples funciones

-El producto es muy robusto y los elementos son de gran tamaño. Una vez realizados los bocetos de la segunda propuesta se ha observado que la colocación de pistones para la generación del movimiento necesario provoca que el producto tenga unas

dimensiones excesivas, ya que hay que añadir material para que el movimiento de un pistón no trunque el de su opuesto.

Después de analizar los aspectos positivos y negativos de esta propuesta se puede determinar que la base, es decir, sus funciones y elementos pueden funcionar correctamente pero debe rediseñarse y conseguir un producto estéticamente más fino, así como también modificar alguno de los mecanismos.

6.2.3 TERCERA PROPUESTA

Tras estudiar y analizar los pros y contras de la tercera propuesta, se han realizado unos pequeños cambios para desarrollar y conseguir la propuesta definitiva.

Los objetivos de este rediseño han sido principalmente conseguir minimizar la cantidad de elementos y materiales para obtener un producto más compacto y unificado. Por otra parte también se ha intentado que el producto sea cómodo y de fácil uso para los usuarios inexpertos, así como utilizar sistemas menos robustos y más eficaces.

6.2.3.1 CAMBIOS REALIZADOS

- Se ha fusionado el guante en el interior de la carcasa, de forma que dejan de ser dos elementos separados para pasar a ser uno solo.
- Los parches son personalizados para cada usuario y se colocan en el interior del producto.
- La manta eléctrica se adapta a la carcasa recubriéndola con tejido para evitar el contacto directo con la piel.

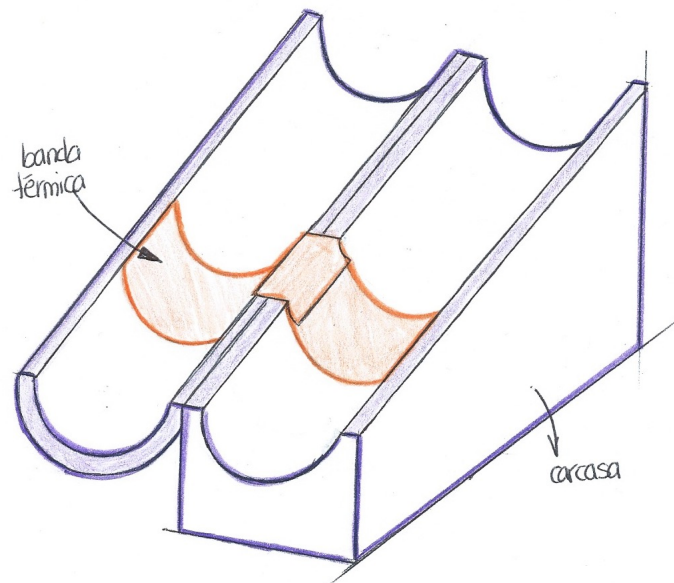


Figura 32. Tercera propuesta soporte brazo con manta eléctrica; Fuente propia

6.2.3.2 FUNCIONAMIENTO

Se colocaría el antebrazo en la zona tubular de manera que el usuario se encontrara lo más cómodo posible. Una vez colocado en la posición correcta, se cerraría la parte superior de la carcasa, sujetando así el antebrazo para evitar movimientos inadecuados durante la rehabilitación. Mediante un sistema de pantalla táctil o

botones, el usuario podría elegir cuando empezar la sesión e ir siguiendo las instrucciones marcadas por el médico o fisioterapeuta.

En la zona de la mano habría una pieza de características similares a la anterior pero mucho más simplificada, ya que no sería necesario que la manta eléctrica ni los electrodos en esa zona. La función de esta pieza sería sujetar la parte inferior de las falanges i transmitir el movimiento horizontal a través del engranaje. El sistema para realizar los movimientos sería el comentado en la propuesta anterior, transmisión por correa dentada.

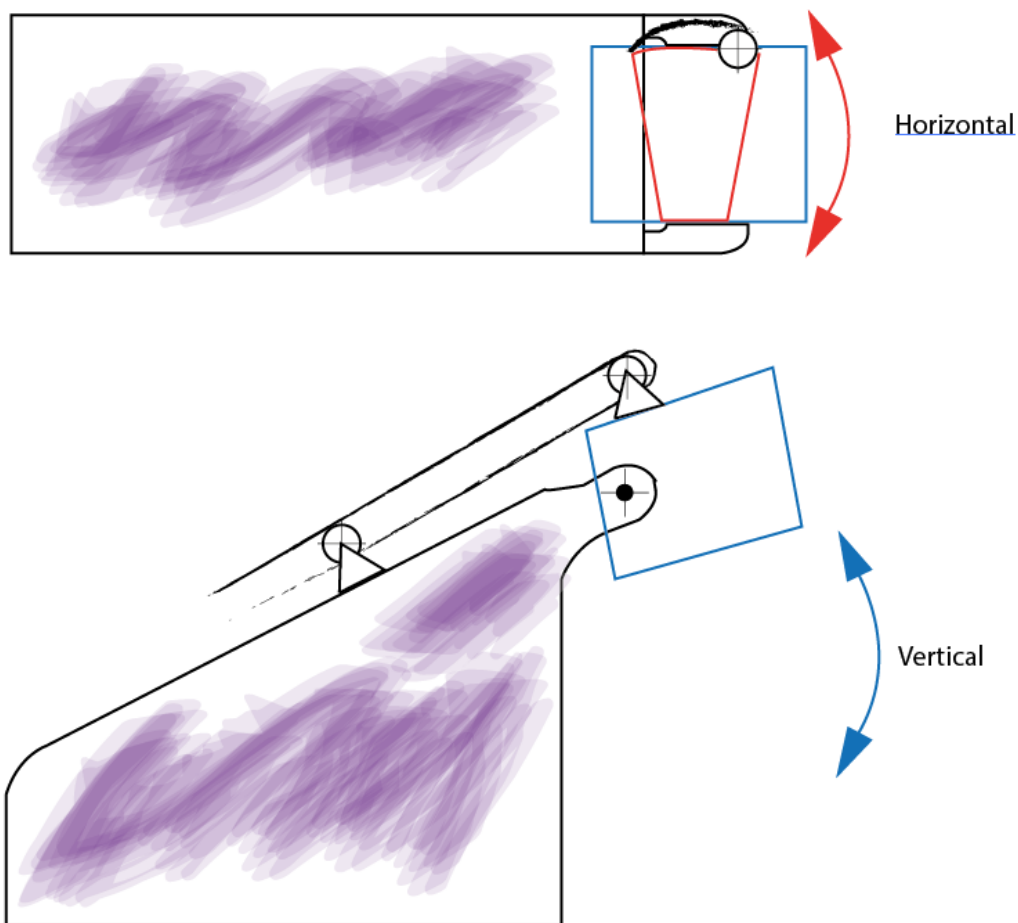


Figura 32. Tercera propuesta esquema funcionamiento; Fuente propia

6.2.3.3 CONCLUSIONES TERCERA PROPUESTA

Esta tercera propuesta es demasiado robusta por lo que puede trabajarse para eliminar material innecesario y abaratar el coste del producto.

Por otra parte también puede estudiarse un mecanismo que permita realizar los movimientos sin necesidad de un sistema interno de correas y que a su vez sea más seguro.

6.2.4 PROPUESTA FINAL

Una vez descartadas las tres propuestas anteriores y teniendo en cuenta los pros, contras se ha diseñado una nueva propuesta. El mecanismo de esta propuesta consta de dos servos encargados de transmitir el movimiento a las piezas (rosa y azul) y estas a la muñeca. La manta eléctrica irá, como en el la tercera propuesta, colocada en el interior del aparato, fusionando las dos funciones: termoterapia y movimientos. Un aparato complementario nos permitiría realizar también la electro estimulación.

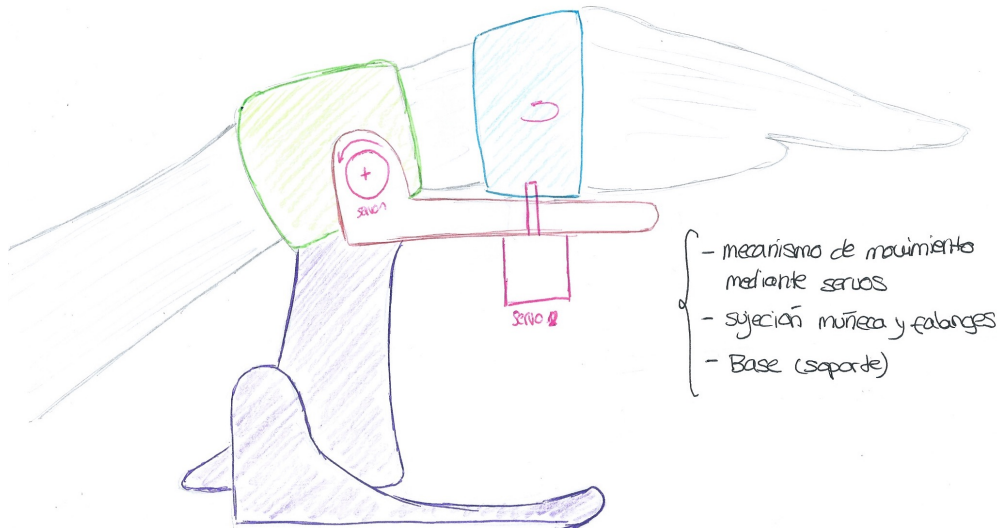


Figura 33. Cuarta propuesta boceto inicial; Fuente propia

6.2.4.1 CAMBIOS REALIZADOS

Base

Lo que en el la anterior propuesta era una sola pieza (base + soporte antebrazo) se convierte en esta nueva propuesta en dos piezas diferenciadas que permiten ahorrar material y coste de fabricación. Por lo que a la base del producto se refiere, se ha eliminado la forma que sujetaba anteriormente todo el antebrazo, y se ha optado por diseñar una pieza que le proporciona estabilidad y sujeción al producto y a su vez le ofrece un aspecto estético menos robusto. La base sigue una forma circular que le proporciona equilibrio y firmeza al conjunto. La forma arqueada hacia atrás del cuerpo de la máquina, ayuda también a aportar estabilidad al producto una vez el usuario coloca la muñeca en el espacio indicado.

La parte superior o soporte, es la que une la zona móvil del producto con la base. Entre ambas piezas hay un pequeño juego para que no quede completamente fijo y de esta forma el usuario pueda regularse la posición y sentirse más cómodo.

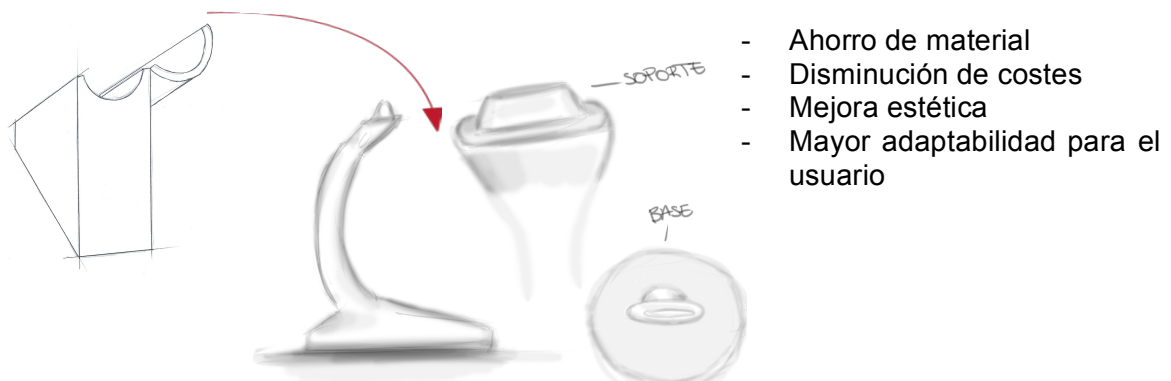


Figura 34. Cuarta propuesta soporte; Fuente propia

En la figura x se puede apreciar con mayor claridad el encaje entre la base y el soporte del antebrazo.

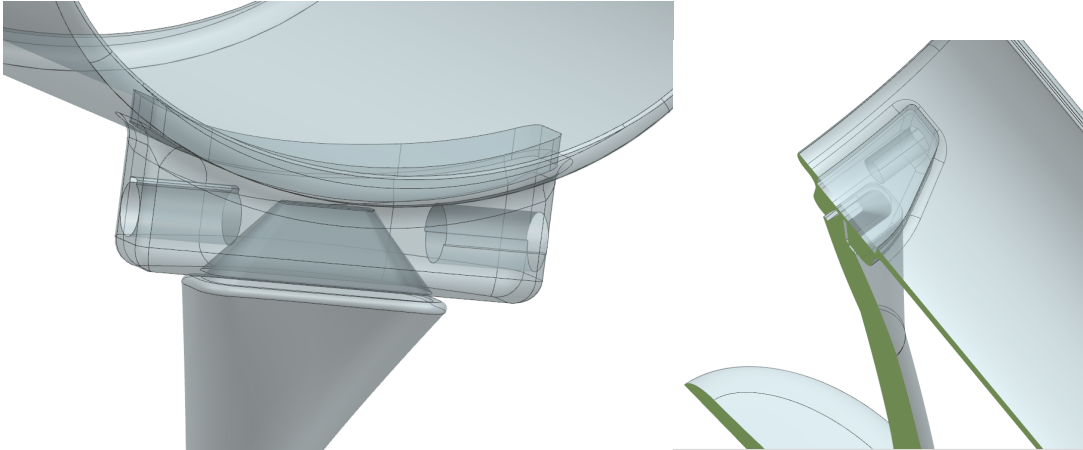


Figura 35. Cuarta propuesta soporte 3D; Fuente propia

Para estudiar con mayor claridad esta propuesta y evaluar sus carencias, se han realizado los diseños en 3D de cada una de las piezas.

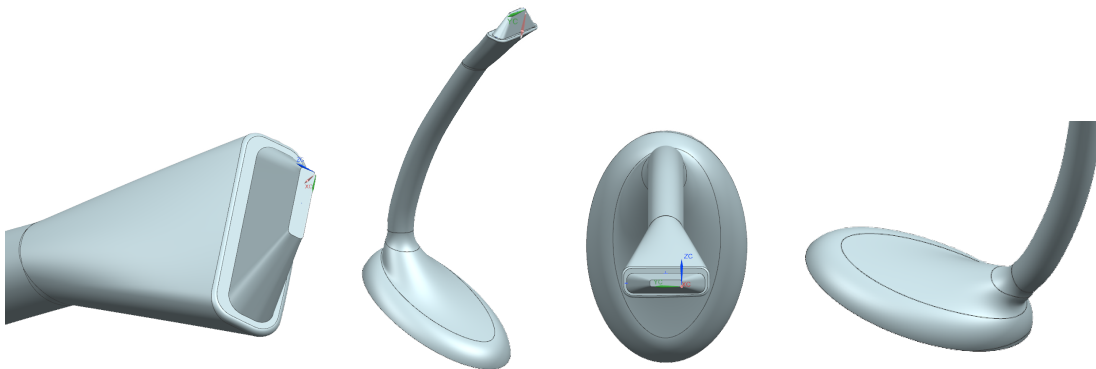


Figura 36. Cuarta propuesta soporte vistas; Fuente propia

Soporte de la muñeca

Por otra parte también se ha modificado la pieza en la que el usuario coloca la muñeca. No es necesario que el usuario acomode todo el antebrazo en el aparato para realizar la rehabilitación, es decir, con tener tenga sujeta la zona de la muñeca, la propia forma del brazo ya permite al usuario la posición idónea y cómoda para realizar la sesión de recuperación. La pieza se ha diseñado siguiendo unas tablas oficiales de medidas estándares de mano, antebrazo y brazo.

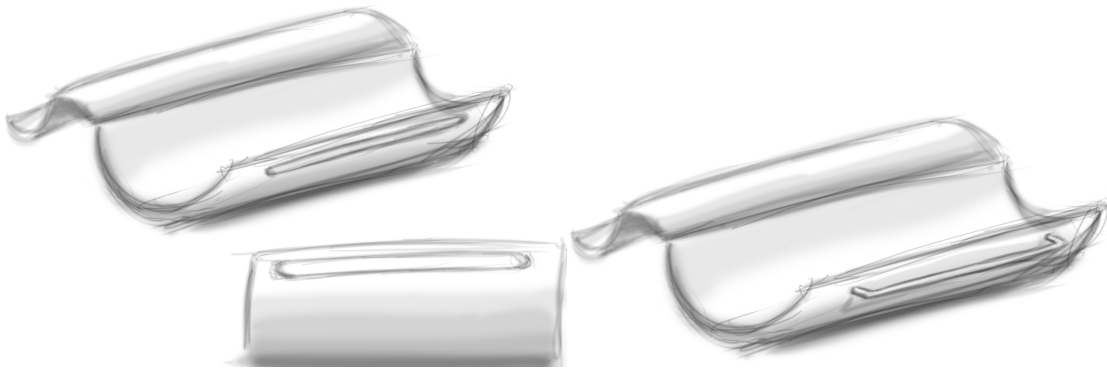


Figura 37. Cuarta propuesta soporte muñeca; Fuente propia

Esta pieza se adapta ergonómicamente a la zona inferior de la muñeca y antebrazo, en su interior se coloca la manta eléctrica siguiendo la forma semicircular de la pieza y se une todo mediante un tejido con velcro que permite al usuario ajustarse el producto.

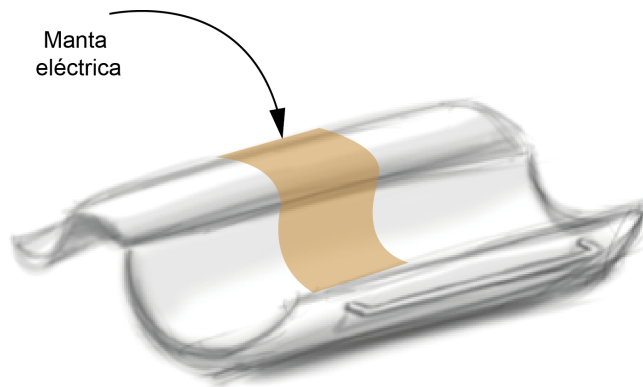


Figura 38. Cuarta propuesta soporte muñeca con manta eléctrica; Fuente propia

De esta forma no es necesario hacer tallas o diferentes medidas para el producto ya que el usuario puede regular el tejido para que la muñeca le quede sujeta y en la posición adecuada.

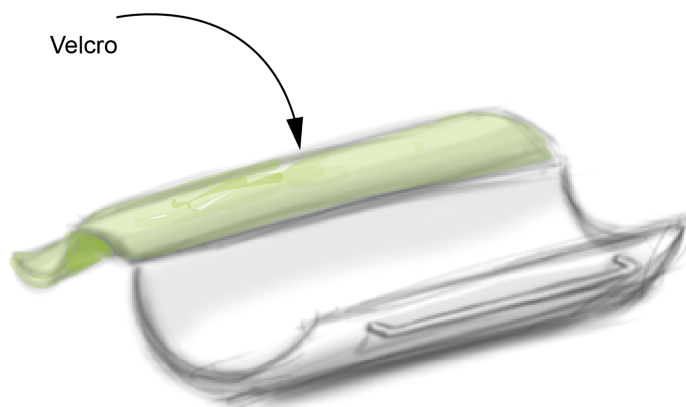


Figura 39. Cuarta propuesta soporte muñeca con velcro; Fuente propia

Para ajustar el velcro y conseguir inmovilizar la muñeca es necesario pasar el velcro por la ranura y apretar hasta que el usuario se siente cómodo.

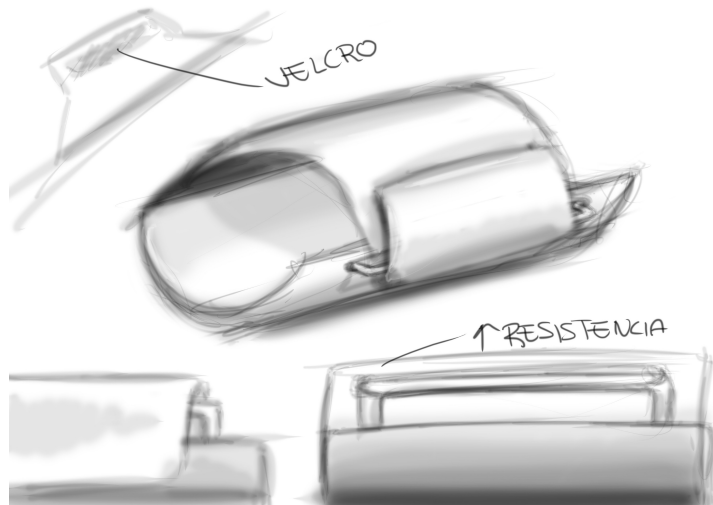


Figura 40. Cuarta propuesta soporte muñeca con velcro y pasador; Fuente propia

En la zona inferior de esta misma pieza se encuentra el sistema donde se encaja la base, así como también el agujero donde se inserta el eje de la placa móvil.

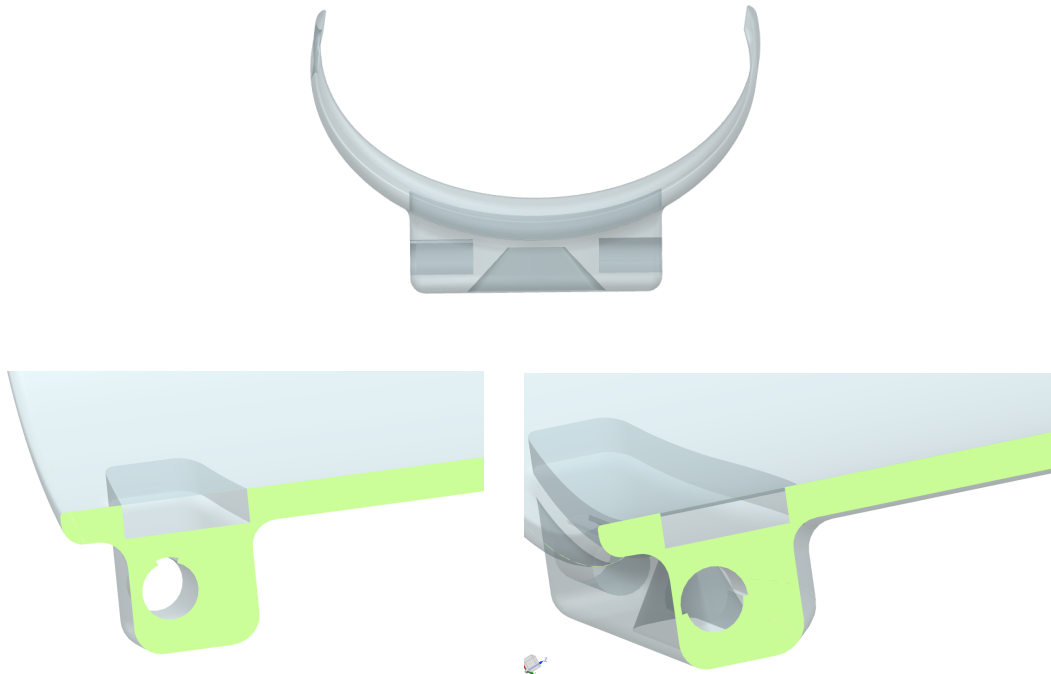


Figura 41. Cuarta propuesta agujero para placa móvil; Fuente propia

Las figuras que se exponen a continuación ayudan a apreciar el aspecto que tendría el soporte para el ante brazo.

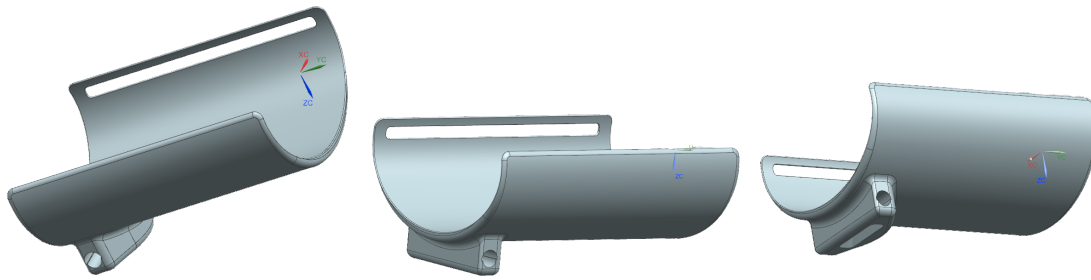


Figura 42. Cuarta propuesta soporte muñeca vistas; Fuente propia

Placa móvil

La placa móvil permite el movimiento vertical de la mano, las medidas como se ha comentado en la pieza anterior, siguen las tablas oficiales de medidas estándares de mano, antebrazo y brazo.

En esta pieza se encuentran los servos que transmiten el movimiento horizontal y vertical de la mano.

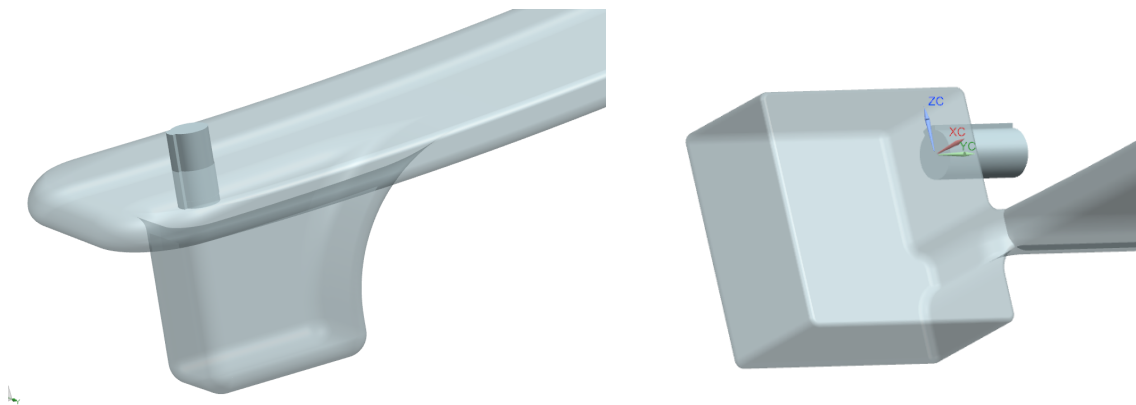


Figura 43. Cuarta propuesta tapas servos; Fuente propia

En la parte trasera de la pieza están los ejes que permiten el movimiento vertical, estos se encajan en las ranuras correspondientes del soporte de la muñeca, permitiendo de esta manera que el usuario pueda subir y bajar la muñeca los grados programados.

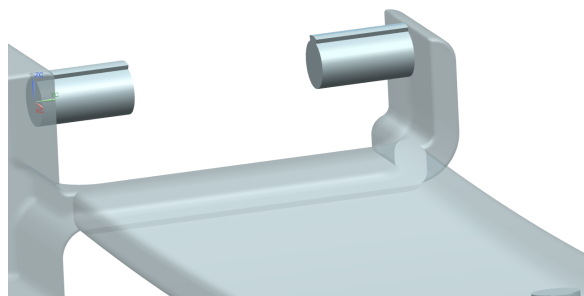


Figura 44. Cuarta propuesta ejes; Fuente propia

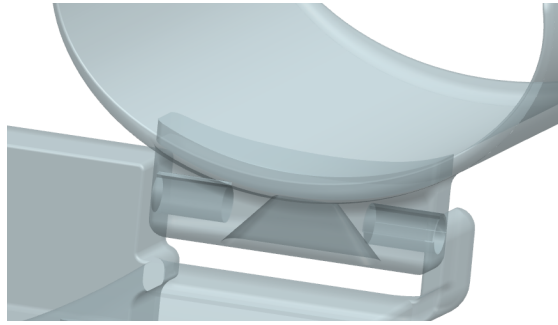


Figura 45. Cuarta propuesta ejes vista trasera; Fuente propia

En las figuras que se muestran a continuación se puede ver el aspecto que tendría esta pieza en cuestión.

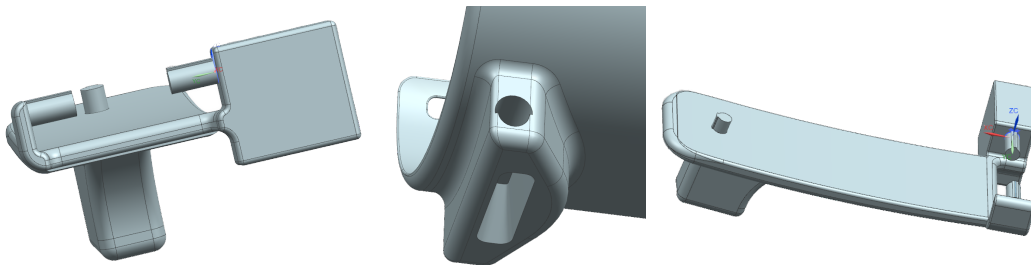


Figura 46. Cuarta propuesta placa móvil con ejes; Fuente propia

Soporte mano

Por último el soporte de la mano es el que transmite el movimiento horizontal, 20 grados hacia el interior y 30 grados hacia el exterior. Mediante la fuerza del servo situado en uno de los extremos de la placa móvil se consigue el movimiento adecuado.

Esta pieza contiene también un tejido con un velcro en uno de los extremos para que el usuario puede ajustarse el soporte en la base de las falanges. Esta pieza es muy parecida al soporte del antebrazo y su función además de transmitir el movimiento horizontal, es también la de mantener sujeta una de las partes que intervienen en el movimiento.

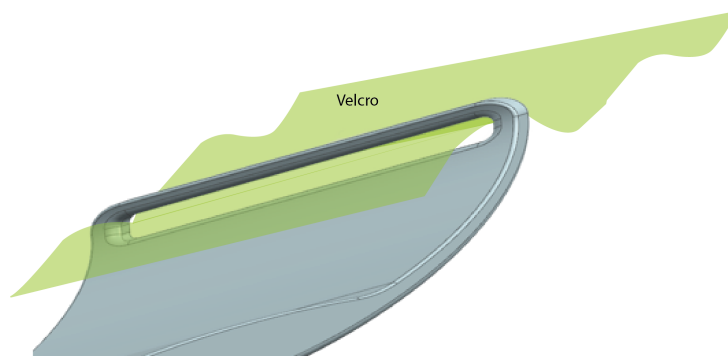


Figura 47. Cuarta propuesta soporte antebrazo y velcro; Fuente propia

Aunque el giro de los servos se programa mediante una placa Arduino, para una mayor seguridad se ha diseñado un tope mecánico que evitará un exceso de giro ante un fallo electrónico. De esta manera se asegura el correcto funcionamiento del aparato y se evita crear mayores lesiones al usuario. Este mecanismo de seguridad se encuentra en los ejes de ambos servos.

Para el tope mecánico deben realizarse dos salientes al eje dejando un pequeño espacio entre ellos, por otra parte el agujero de la pieza que debe moverse y donde tiene que insertarse el eje que transmite el movimiento del servo, debe tener una primera parte que mida los mismos grados que el saliente del eje más los grados que desees que se mueva el soporte. De esta manera cuando el eje gire, se topará con las paredes internas del agujero.

Pero para que se transmita correctamente el movimiento debe también fijarse el eje en este mismo hueco, por esa razón debe realizarse en la parte superior del agujero un hueco de las mismas medidas que la segunda parte del eje.

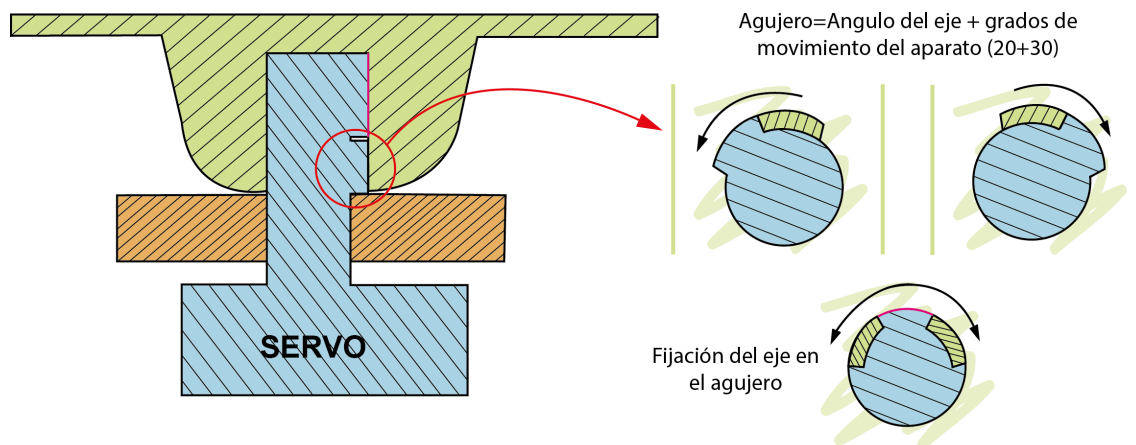


Figura 48. Cuarta propuesta esquema restricción mecánica; Fuente propia

Lo comentado anteriormente puede aclararse observando las siguientes imágenes del soporte para la mano.

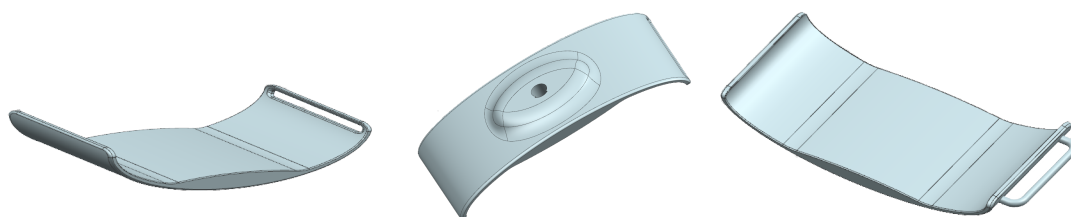


Figura 49. Cuarta propuesta soporte mano vistas; Fuente propia

6.2.4.2 FUNCIONAMIENTO

El funcionamiento de esta propuesta es intuitivo y fácil, a continuación se resume en 6 pasos como la utilizaría el usuario.

- En primer lugar se coloca la muñeca en el soporte del antebrazo y se acomoda con el velcro de forma que esta quede bien sujeta al aparato.

- Seguidamente se procede de igual manera con la zona de las falanges.
- Una vez el usuario siente la mano segura e inmovilizada, se inicia la sesión de rehabilitación.
- Se enciende la manta eléctrica y se deja actuar durante el tiempo indicado.
- Seguidamente y con la zona ya atemperada, se encienden los electrodos.
- Por último se inician los movimientos laterales y verticales.
- Una vez el usuario termina con la sesión pueden retirarse los velcros.

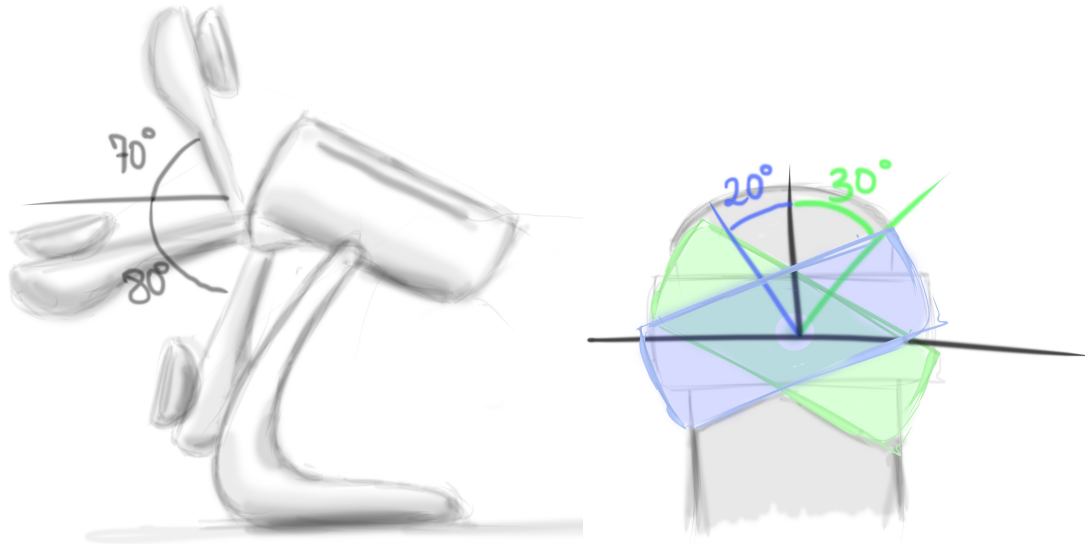


Figura 50. Cuarta propuesta esquema grados movilidad; Fuente propia

6.2.4.3 CONCLUSIONES DE LA PROPUESTA FINAL

Base

Este diseño ha sido descartado porque cuando el aparato hace el movimiento vertical hacia abajo, este colisiona por la parte del servo horizontal contra el cuerpo de la base, por lo que sería necesario un diseño con apertura en la zona central del cuerpo de la base, de esta manera se evitaría el choque entre las piezas.

La forma arqueada de la propuesta no es suficientemente estable por lo que debería modificarse y aumentar el tamaño inferior de la base o reforzar el cuerpo de esta.

Las imágenes adjuntas a continuación muestran como sería la base de este producto.



Figura 51. Cuarta propuesta base render; Fuente propia

Soporte muñeca

La ranura por donde pasa el velcro para ajustarse la muñeca no es lo suficientemente resistente, debería rediseñarse reforzando la pieza para conseguir una mayor resistencia. El espacio donde se inserta la base no da lugar a juego por lo que podría ser incómodo para el usuario no poder regularse la posición. A continuación se muestran los renders de la pieza para poder entenderla con mayor claridad.

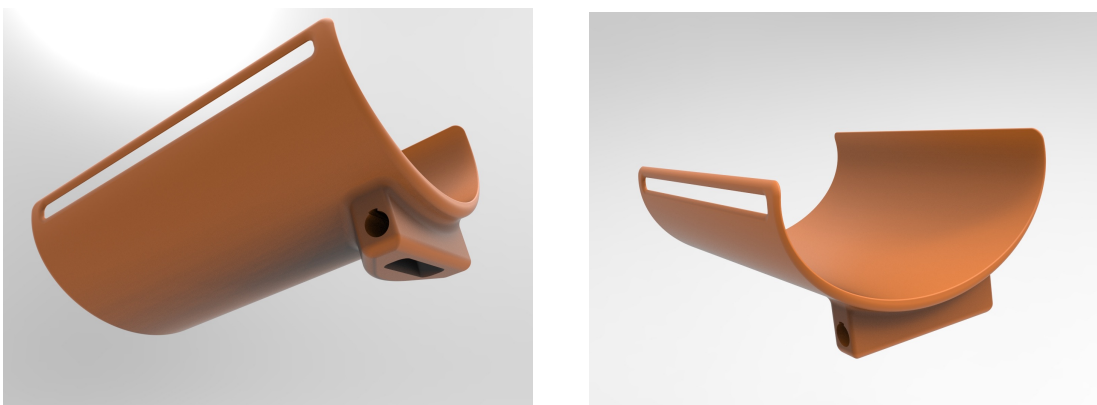


Figura 52. Cuarta propuesta soporte muñeca render; Fuente propia

Placa móvil

Este diseño para la pieza móvil del aparato debe rediseñarse para conseguir un aspecto más fino incorporando las zonas donde se encuentran los servos dentro del diseño general del conjunto. Colocando el servo de movimiento vertical en uno de los extremos genera mayor tiempo de fabricación de la pieza y un coste más elevado.

El eje también debe modificarse para poder disminuir su precio y facilitar la fabricación, en este diseño el eje está formado por una chaveta y el eje central, por lo que su fabricación es más laboriosa y costosa, debería rediseñarse para conseguir un sistema más económico y rápido de elaborar.

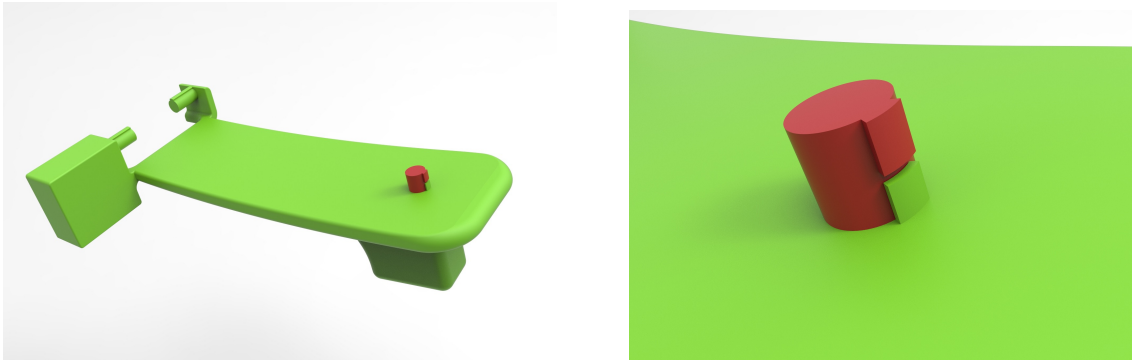


Figura 53. Cuarta propuesta eje de la placa; Fuente propia

Soporte mano

Como sucede en el soporte de la muñeca, en esta pieza también debe reforzarse la ranura por donde se ajusta el velcro para evitar la rotura de la pieza. También y al igual que la pieza de la placa móvil es necesario modificar el eje que une el servo con esta pieza y, consecuentemente también el agujero donde este se inserta.

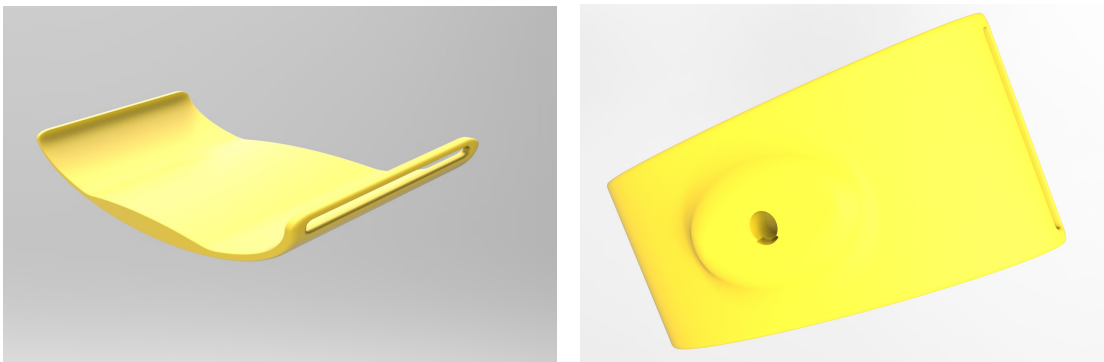


Figura 54. Cuarta propuesta soporte mano render; Fuente propia

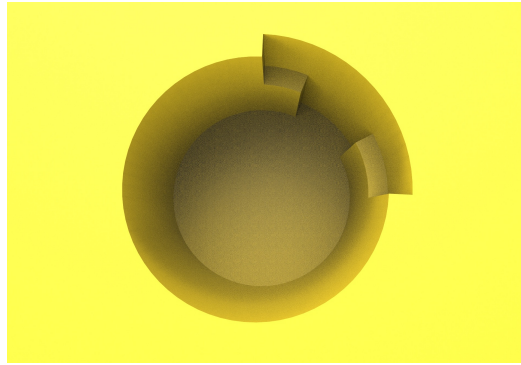


Figura 55. Cuarta propuesta eje vista interior; Fuente propia

Conjunto

Esta imagen es un render de la propuesta definitiva, antes de aplicar los cambios comentados anteriormente.

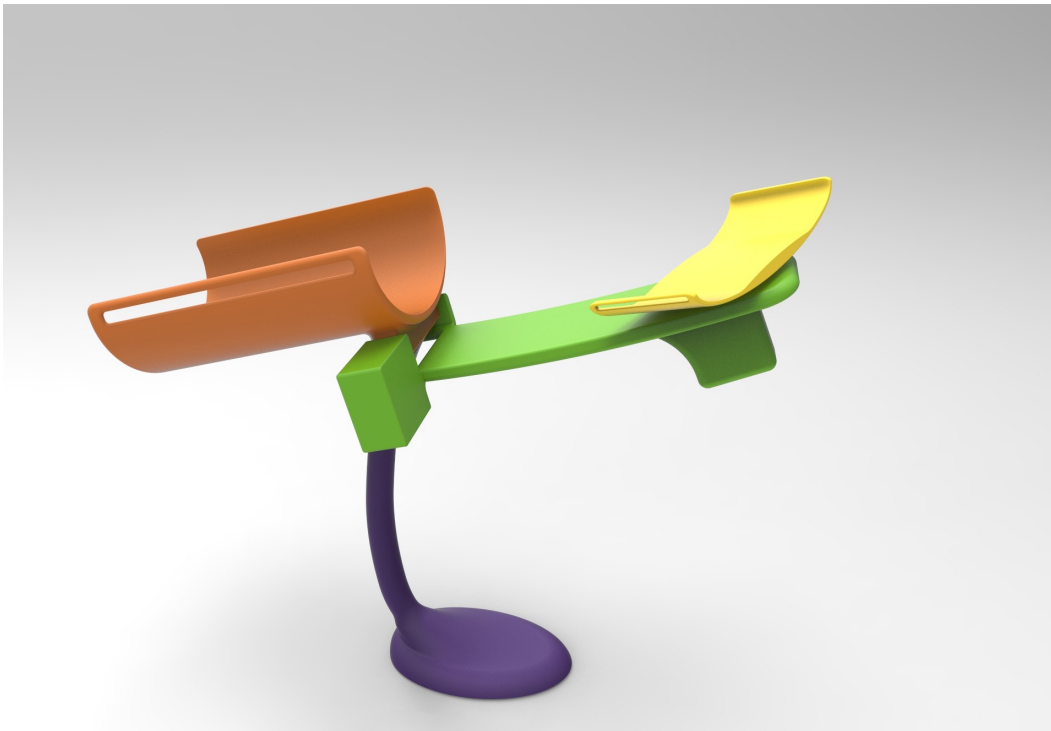


Figura 56. Cuarta propuesta conjunto; Fuente propia

6.2.5 DISEÑO DEFINITIVO

Una vez realizado el 3D de la propuesta y pudiendo ver con mayor claridad y realismo el resultado del producto, se ha realizado el diseño final, modificando y reforzando aquellos aspectos que se creen oportunos y efectuando los cambios comentados

6.2.5.1 CAMBIOS REALIZADOS

Base

En primer lugar se ha estudiado la forma de la base, se ha rediseñado con la intención de conseguir mayor estabilidad y una estética más moderna y sinuosa. También se ha modificado el soporte que une la base con la zona donde se apoya el antebrazo.

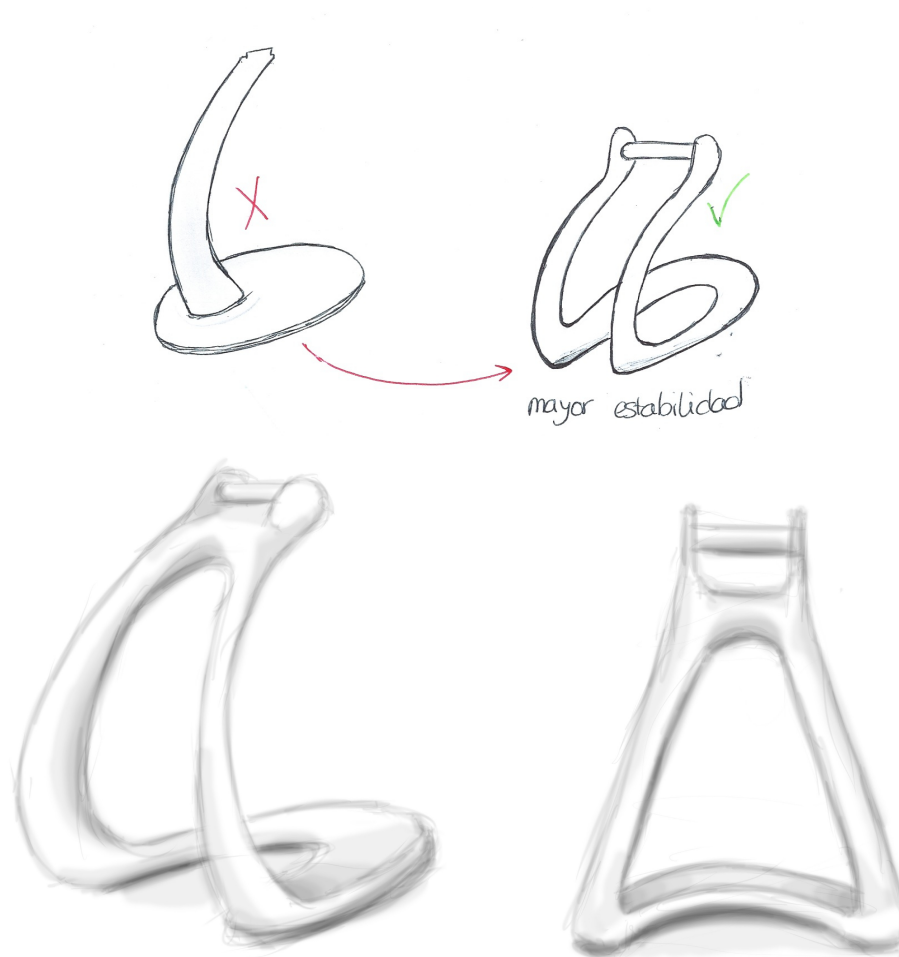


Figura 57. Diseño definitivo soporte; Fuente propia

Con la abertura central de este diseño y la forma triangular se eleva significativamente la estabilidad permitiendo también el movimiento vertical del aparato, evitando la colisión con el cuerpo de la base.

El nuevo mecanismo de anclaje entre el soporte de la muñeca y el brazo, es el siguiente:



Figura 58. Diseño definitivo anclaje soporte muñeca y brazo; Fuente propia

En la parte superior de la base se encuentra una superficie circular que encaja con la base del soporte.

Soporte muñeca

Por lo que al soporte de la muñeca se refiere, se ha eliminado uno de los brazos, ya que al rediseñar la posición del servo en la placa móvil y modificar el sistema de tope de movimiento del eje, se puede obviar uno de los brazos.

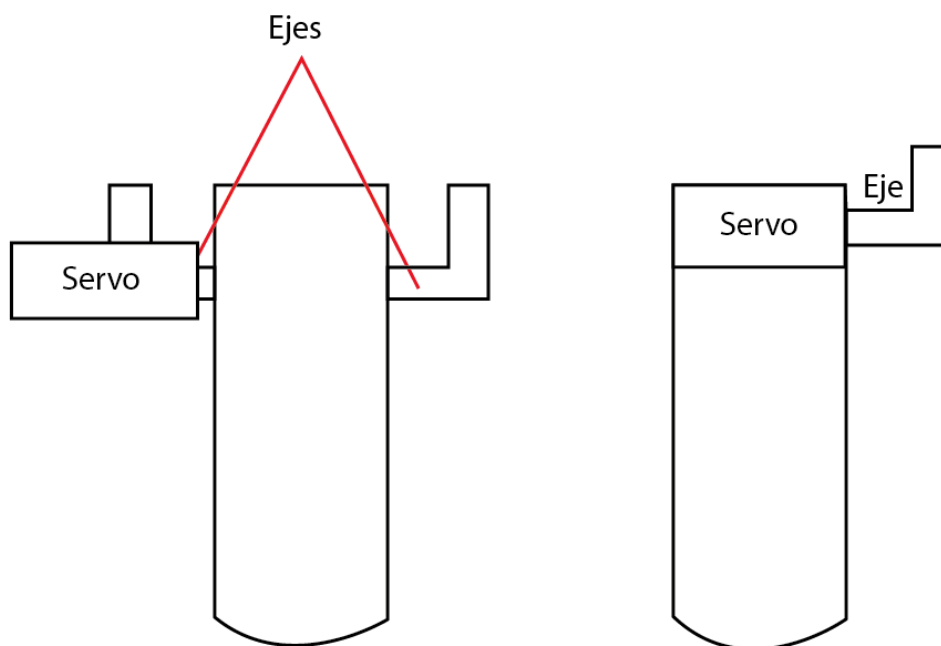


Figura 59. Diseño definitivo sistema cambio ejes; Fuente propia

Como se observa en la imagen anterior el servo se introduce en el diseño de la placa y se elimina uno de los brazos.

El soporte de la muñeca pasa de tener dos agujeros dentro de su mismo diseño del cuerpo a tener un brazo de 90 grados que encaja con el eje del servo.

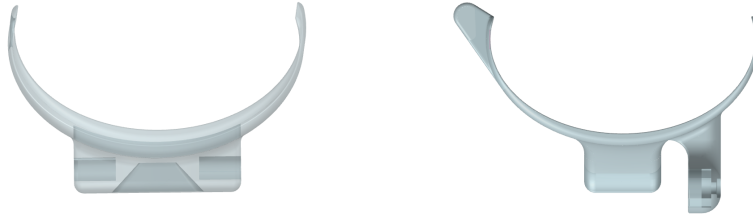


Figura 60. Diseño definitivo brazo encaje servo; Fuente propia

Se ha rediseñado también la ranura por donde se introduce el velcro, está se ha reforzado cambiando el diseño y poniendo radios alrededor de las partes más débiles.

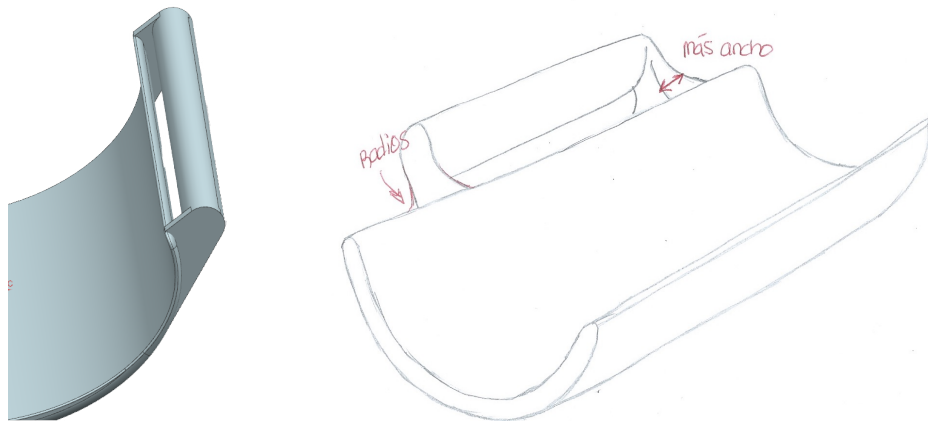


Figura 61. Diseño definitivo pasador velcro; Fuente propia

El sistema de eje se ha modificado completamente, se pasa del sistema de eje rojo con chaveta, al sistema de eje mecanizado. En el anterior diseño se necesita un eje y una chaveta con dos componentes y en este rediseño se provoca que partiendo de una geometría circular se le realiza el mecanizado en forma de uve y la figura compleja se fabrica en 25 segundos con la geometría de la pieza de plástico, reduciendo los costes porque la complejidad se la lleva una pieza de inyección que como se ha comentado, se fabrica en 25 segundos.

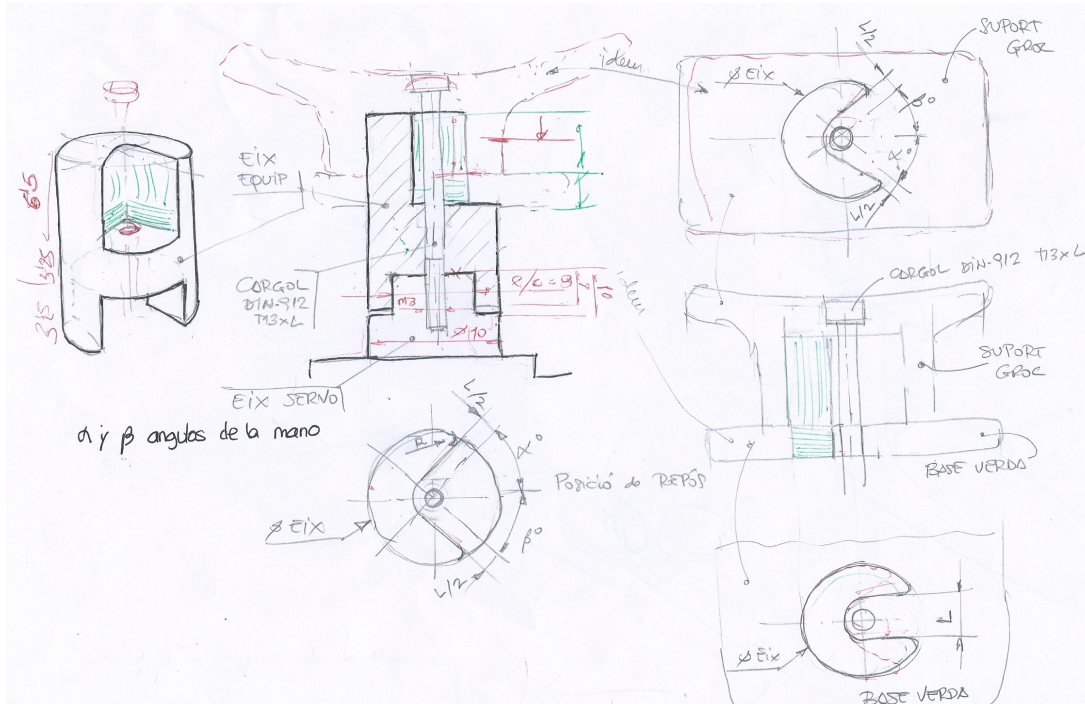
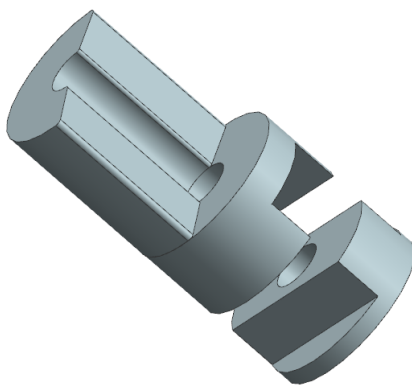


Figura 62. Diseño definitivo sistema tope mecánico; Fuente propia



Anclaje servo- eje horizontal

Figura 63. Diseño definitivo anclaje servo; Fuente propia

El eje de giro horizontal se introduce en un extremo de la placa móvil, con un agujero de ángulo igual al eje más los grados de movimiento acordados para cada lado (30° - 20°). De esta manera se crea el tope que evita un incidente frente a un fallo electrónico del movimiento del servo.

En la zona inferior del soporte de la mano se realiza el mismo agujero pero sin los grados de giro (20° - 30°) así se fija el eje y transmite el movimiento al soporte.



Figura 64. Diseño definitivo eje giro horizontal; Fuente propia

Para el sistema de eje del eje vertical ha sido necesario fabricar una pieza tope, es decir, una pieza que haga la misma función que la placa móvil en el eje horizontal. Esta pieza es la que se encarga de evitar que ante un fallo electrónico, el giro vertical no sobrepase en ningún momento los 70 grados en dirección descendiente y 80 en ascendente.

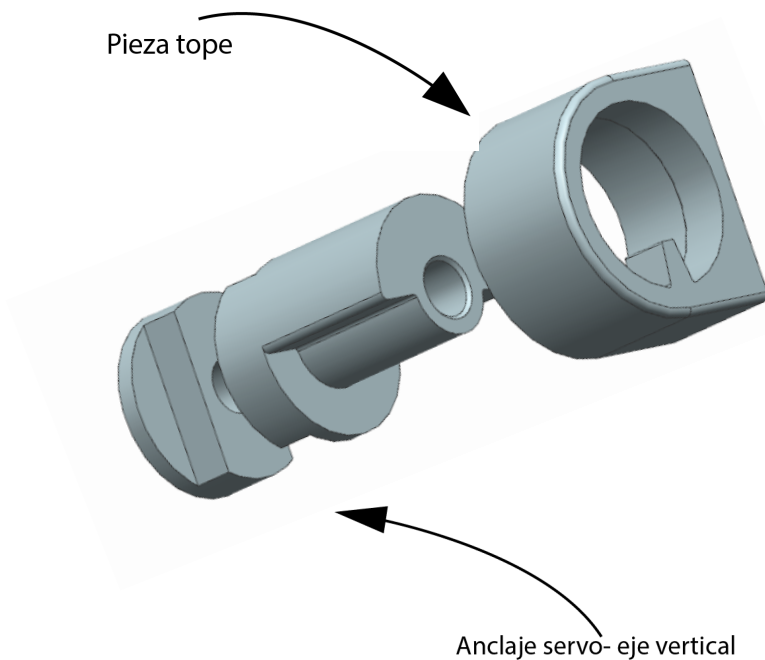


Figura 65. Diseño definitivo anclaje servo y tope; Fuente propia

Para fijar el eje al brazo del soporte de la muñeca y permitir el giro, se ha realizado un agujero en el brazo con la misma forma del eje. De esta manera se consigue que quede fijo y desarrolle el movimiento.



Figura 66. Diseño definitivo brazo soporte muñeca; Fuente propia

Placa móvil

Se ha cambiado la posición del servo vertical, colocándolo en la parte inferior de la placa, de esta forma se agiliza la fabricación y mejora la estética del producto. Tanto el agujero del eje horizontal como el eje vertical han sido modificados siguiendo el mecanismo explicado en el apartado anterior.

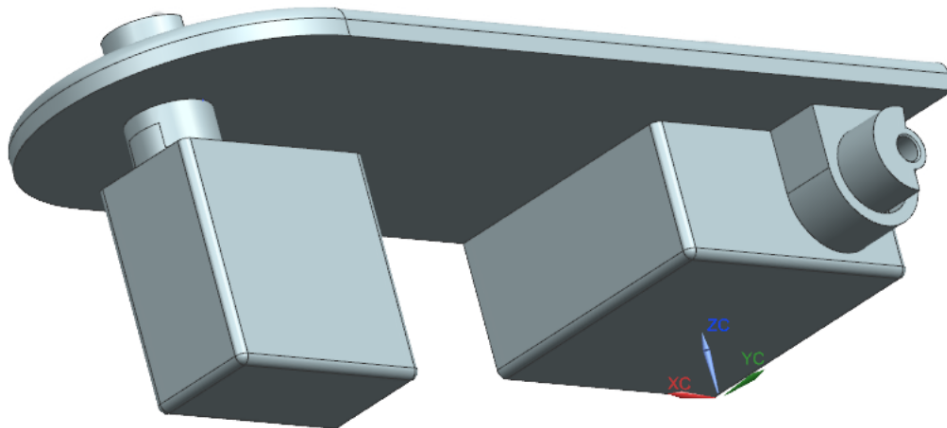


Figura 67. Diseño definitivo placa móvil; Fuente propia

Para sujetar el servo de giro vertical se ha diseñado un soporte por la parte posterior de la placa y un saliente desde la cara interior. El servo tiene unas “alas” laterales que permiten roscar un tornillo y fijarlo al saliente.

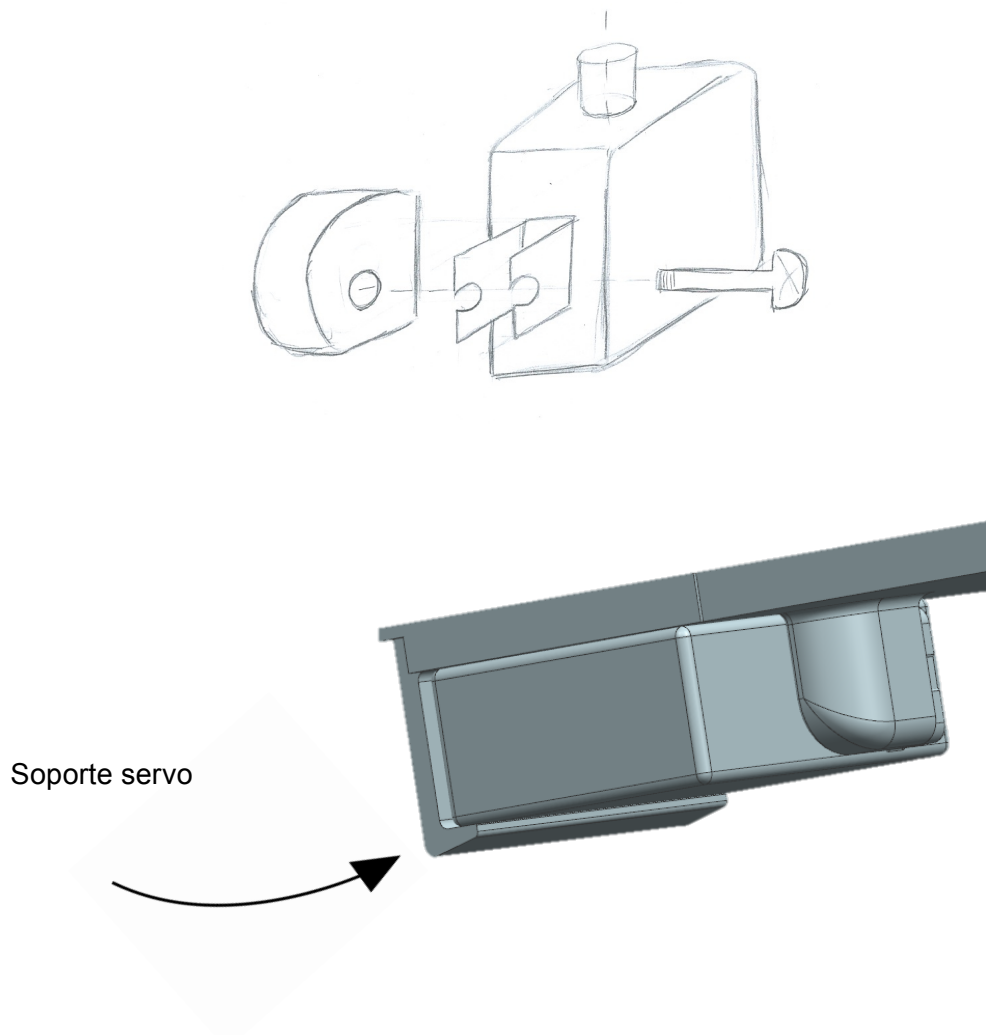


Figura 68. Diseño definitivo soporte servo; Fuente propia

Para sujetar el servo de movimiento horizontal se ha utilizado el mismo mecanismo que en el anterior, realizando dos salientes en ambos lados del servo.

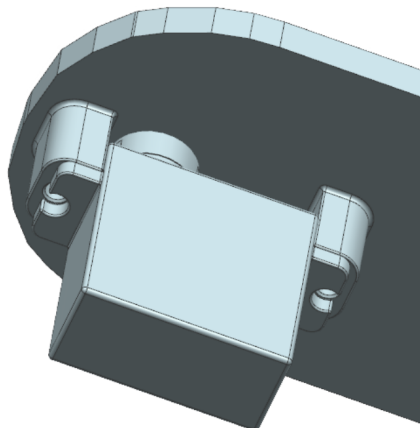


Figura 69. Diseño definitivo soporte servo horizontal; Fuente propia

Soporte mano

En el soporte de la mano se han realizado dos cambios. En primer lugar se ha reforzado los radios de la ranura lateral y se ha modificado la forma, haciéndola más resistente y segura. También se ha vaciado la parte interna de la cara inferior, ya que había material innecesario y retirándolo se ha optimizado el precio de la pieza soporte de la mano.

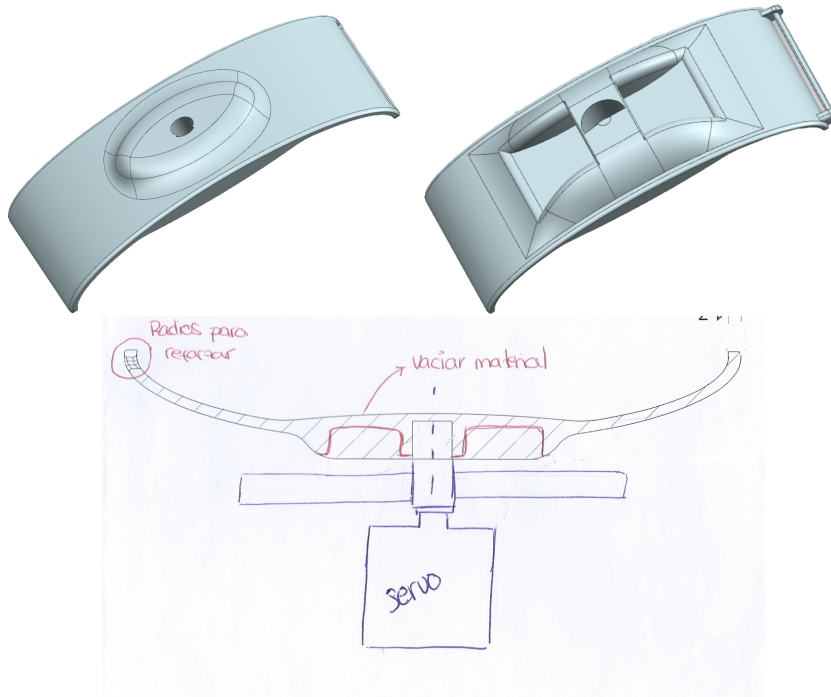


Figura 70. Diseño definitivo soporte mano; Fuente propia

Alrededor del agujero se ha modificado la forma inicial cuadrada por una redondeada que da resistencia y evita posibles roturas por la presión del eje.

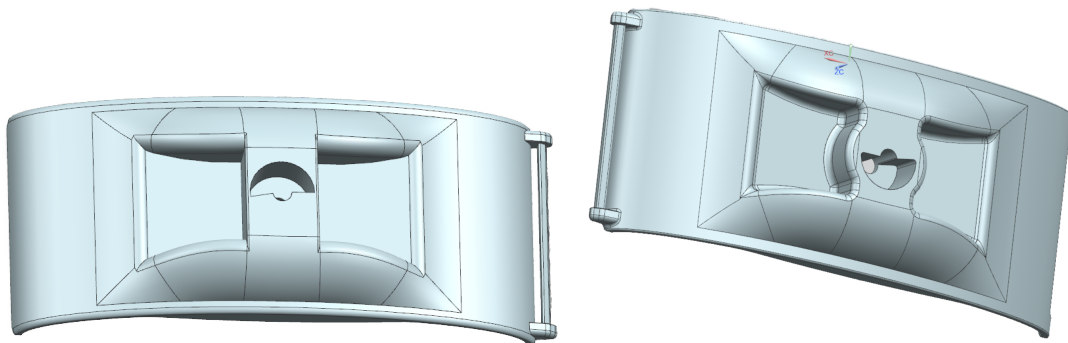


Figura 71. Diseño definitivo soporte mano vistas; Fuente propia

Las imágenes adjuntas a continuación muestran como encajaría el soporte de la mano sobre la placa móvil.

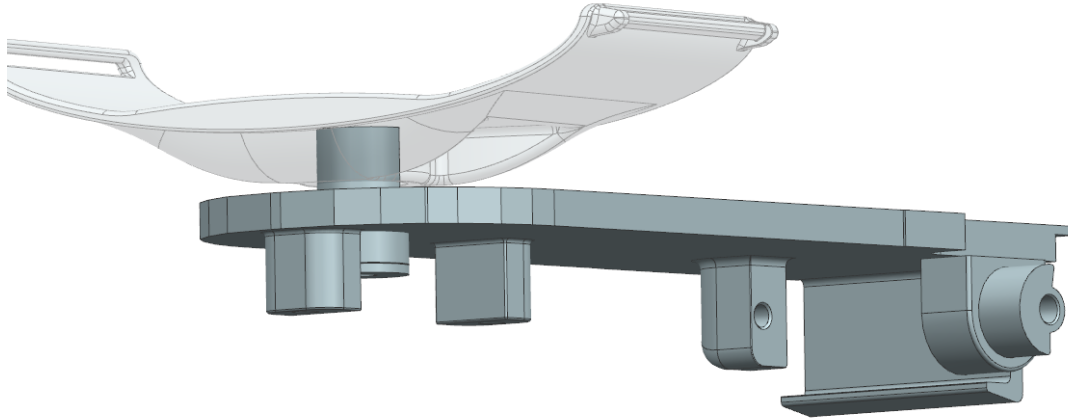


Figura 72. Diseño definitivo encaje soporte mano con placa; Fuente propia

En este caso se introducen los servos para ver exactamente su colocación y posición dentro el diseño de la placa.

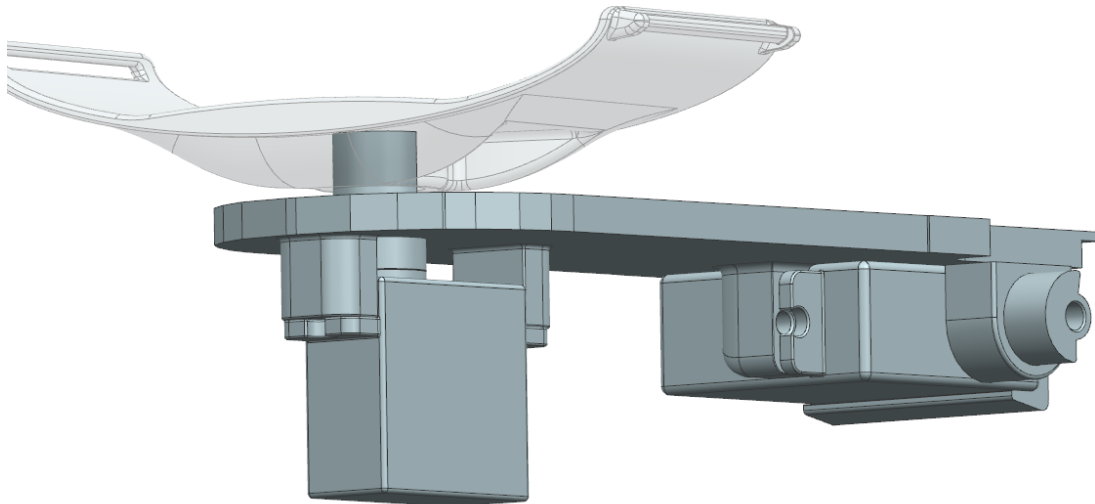


Figura 73. Diseño definitivo encaje servos; Fuente propia

Carcasa

Finalmente se ha realizado el diseño de una carcasa para cubrir toda la zona interna de la placa y no tener expuestos los servos.

Se consigue así un aspecto mucho más acabado y estético.

La función de esta carcasa no es soportar o aguantar el peso de ningún elemento, su finalidad es embellecer el producto.

La carcasa irá sujeta a la placa móvil mediante un tornillo plastite colocado a la mitad de la placa, se introducirá desde la carcasa a la placa roscando en esta última. También tendrá una ranura en los laterales que se encajará al contorno de la placa.

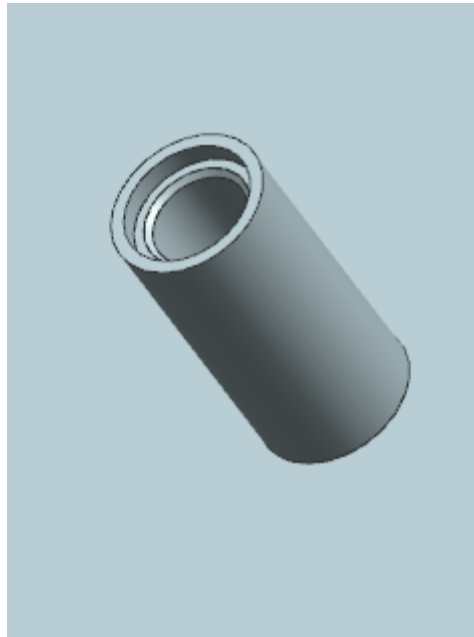
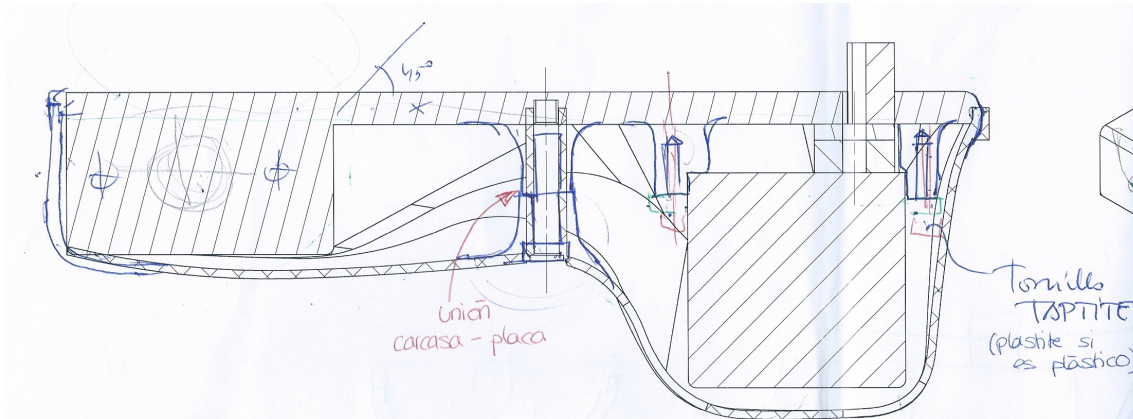


Figura 74. Diseño definitivo agujero tornillo; Fuente propia

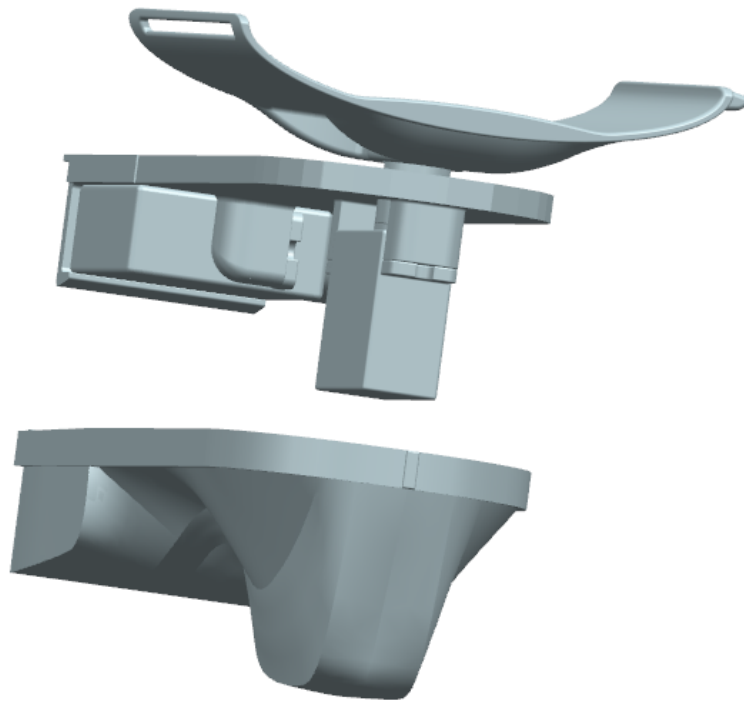


Figura 75. Diseño definitivo unión placa y soporte mano; Fuente propia

Conjunto

El ensamble de todas las piezas se muestra en las siguientes imágenes, se puede apreciar en ellas el resultado final del diseño.

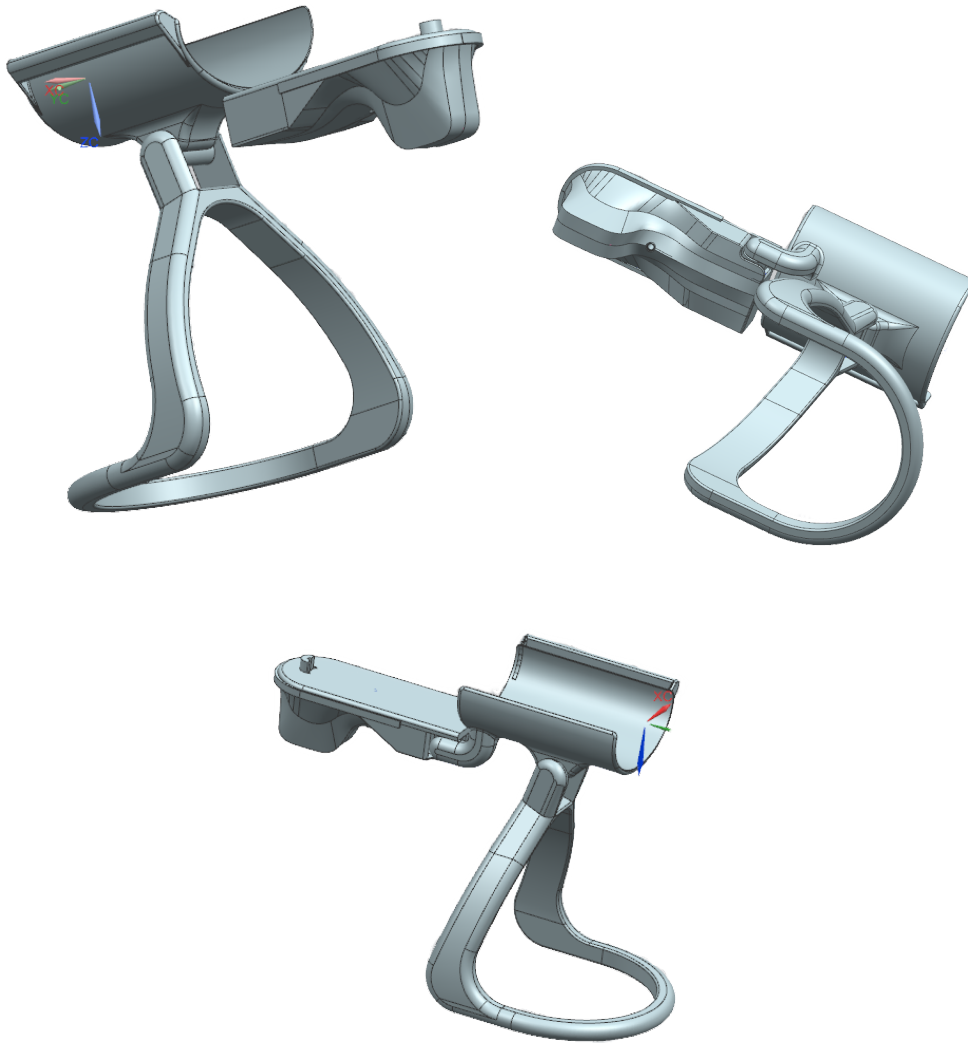


Figura 76. Diseño definitivo conjunto; Fuente propia

6.2.5.2 FUNCIONAMIENTO

El funcionamiento de este diseño definitivo es idéntico al de la cuarta propuesta.

Se ha procurado diseñar un producto de fácil uso e intuitivo, que ofrezca al usuario el servicio esperado y adecuado. Por esa razón las instrucciones de uso no tienen demasiada complicación. El usuario debe haber sido tratado por un fisioterapeuta o traumatólogo que le recomiende el uso de este aparato. El profesional médico considerará el tipo de lesión del paciente e indicará qué uso debe hacer del aparato y

durante cuánto tiempo.

Si el usuario ha realizado estos trámites puede utilizar la máquina sin ningún problema, siguiendo los siguientes pasos:

- Calentar la zona mediante la manta eléctrica colocada en el interior del soporte de la muñeca, asegurándose previamente que la muñeca está bien cubierta y sujeta.
- Colocarse los electrodos en la posición explicada por el médico o fisioterapeuta e iniciar las pequeñas descargas, controlando la intensidad de estas según indicaciones previas.
- Por último colocar la mano en el soporte frontal y sujetar bien con el velcro a la altura de las falanges, dejando libre el dedo pulgar. Hacer lo mismo con el velcro del soporte de la muñeca. Una vez ambas partes están inmovilizadas, se puede proceder a activar los movimientos.
El número de repeticiones viene dado por el especialista, varía según la lesión y el grado de esta.

6.2.5.3 ELEMENTOS QUE COMPLEMENTAN LA ESTRUCTURA

Los elementos que complementan la estructura y hacen posible el funcionamiento como máquina de rehabilitación son:

-Transformador: Convierte la corriente recibida de 220V a la necesaria para hacer funcionar el arduino a 6V.



Figura 77. Transformador

<http://g02.a.alicdn.com/kf/HTB1WkitJFXXXXXavXVXXq6xXFXXy/Dc-transformador-cargador-de-alimentación-LED-8A-adaptador-7A-6A-5A-4A-3A-2A-100-240.jpg>

-Placa arduino: Programable para realizar el movimiento angular necesario de los servos.



Figura 78. Placa Arduino UNO

<http://store-usa.arduino.cc/products/a000066>

220 V

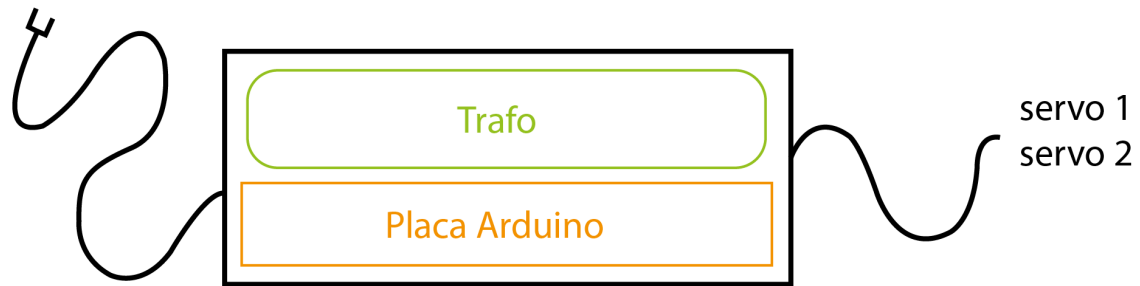


Figura 79. Esquema interior carcasa componentes; Fuente propia

-Servo movimiento vertical: Mediante un eje conecta con la placa donde se apoya la mano haciendo que esta suba y baje en un gradual de 150°.



Figura 80. Servo vertical; Fuente datasheet Hitec

-Servo movimiento horizontal: Mediante un eje une la placa al soporte de la mano haciendo que esta oscile entre los 50°.



Figura 81. Servo horizontal; Fuente Datasheet Hitec

-Manta eléctrica: Genera calor en la zona donde se apoya el brazo, y por tanto la muñeca, de manera que el músculo es más receptivo al tratamiento.



Figura 82 . Manta eléctrica

[HTTP://G02.A.ALICDN.COM/KF/HTB1GMFQKFXXXXCAXXXQ6XXFXXL/6-X-36-800W-120V-KEENOV-FLEXIBLE-SILICONE-HEATER-VIOLIN-CELLO-FONT-B-GUITAR-B-FONT.JPG](http://G02.A.ALICDN.COM/KF/HTB1GMFQKFXXXXCAXXXQ6XXFXXL/6-X-36-800W-120V-KEENOV-FLEXIBLE-SILICONE-HEATER-VIOLIN-CELLO-FONT-B-GUITAR-B-FONT.JPG)

-Electrodos: Estos se colocan en el soporte del brazo y se conectan una vez finalizado el calentamiento de la zona, aplicando corriente a través de ellos y fortaleciendo el músculo.



Figura 83. Electrodos

<http://tienda.bionic.es/311-electrodo-adhesivo>

Para los servos:

DIN 966

	M 1	M 1,2	M 1,4	M 1,6	M 2	M 2,5	M 3	M 4	M 5	M 6	M 8	M 10
d_k	1,9	2,3	2,6	3	3,8	4,7	5,6	7,5	9,2	11	14,5	18
k	0,6	0,72	0,84	0,96	1,2	1,5	1,65	2,2	2,5	3	4	5
b^*	¹⁾	¹⁾	¹⁾	15	16	18	19	22	25	28	34	40
f	0,25	0,3	0,35	0,4	0,5	0,6	0,75	1	1,25	1,5	2	2,5
n	0,25	0,3	0,3	0,4	0,5	0,6	0,8	1	1,2	1,6	2	2,5
PH	—	—	—	0	1	1	1	2	2	3	4	4

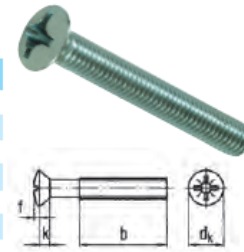


Figura 84. DIN Tornillos servos

http://www.auxitec.net/catalogo/013_tornilleria_fijaciones.pdf

Resto de tornillería:


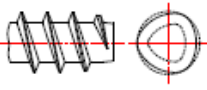
PLASTITE 45 [®] , 48-2 SCREWS	Pages 17, 18 & 19 Advantages	Applications
 <p>PLASTITE[®] 45 TRILOBULAR[®] thread rolling screws have extra wide spacing between narrow profile threads, resulting in exceptionally low induced stress and extra low burst bursting tendencies. TRILOBULAR[®] thread form design provides full relief for easy driving and effective resistance to vibrational loosening. PLASTITE[®] 45 screws provide wide differential between drive and fail torques for exceptionally easy drive tool adjustment. Screws are manufactured to nominal inch and metric diameters.</p>	 <p>Easy driving. Excellent holding power. Reduced danger of burst bosses and induced stress. Easy power tool adjustment. Stronger internal threads: formed, not cut. No chips produced. Greater holding power. Reduced hoop stress and fewer burst bosses. Higher holding torque eliminates need for inserts or reinforcing clips. Allows for repeated removal and insertion.</p>	<p>Thermoplastics, engineering resins & certain thermosets. In cases where length of engagement is one diameter or more.</p>

Figura 85. Tornillos plastite

<http://www.tapitite.net/pdfs/documents/TAPTITEII-CONTI-reminc.pdf>

6.2.5.4 IMAGEN DEFINITIVA DEL PRODUCTO

El resultado final de la propuesta de la máquina para la rehabilitación de muñeca es la que se muestra a continuación:



Figura 86. Producto Final

6.2.5.5 IMAGEN CORPORATIVA

Para dar mayor personalidad al producto se ha diseñado también una imagen corporativa.

Transmitir al usuario los movimientos que realiza el aparato únicamente observando el símbolo del imago tipo es el principal objetivo. Por esa razón se ha trabajado principalmente en el diseño de una forma simple que resuma la función del producto. A continuación se explica gráficamente el logotipo y se muestran las diversas opciones que se han barajado antes de decidirse por una.

La función más visual del producto son los dos movimientos que realiza el aparato, por lo tanto se ha simplificado gráficamente el movimiento consiguiendo una forma sencilla tal y como se muestra a continuación.

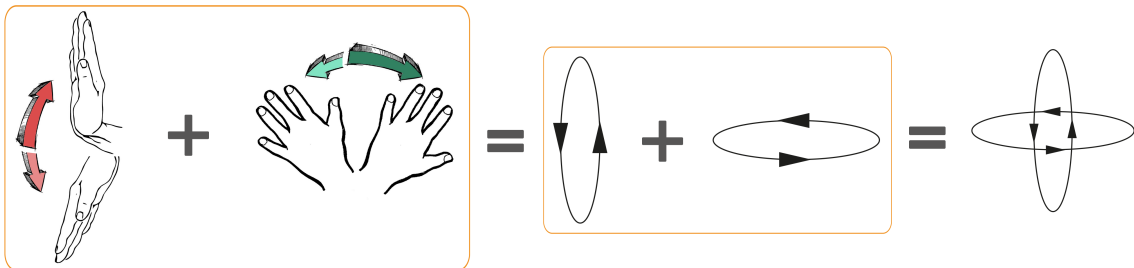


Figura 87. Idea para logotipo; Fuente propia

Tras decidir qué forma va a representar el producto, se han realizado varios bocetos para definir el trazado, la forma concreta, el grosor, etc.

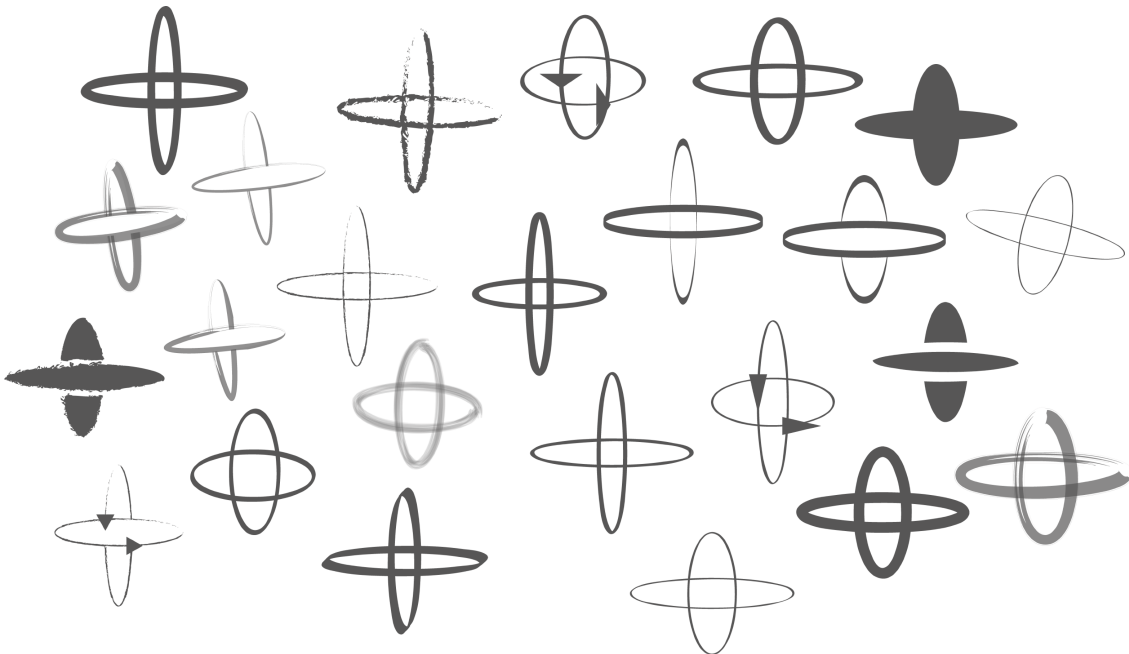


Figura 88. Pruebas para logotipo; Fuente propia

Por otra parte también se ha definido el nombre de la marca. La idea era conseguir un nombre sencillo y fácil de recordar. Tras barajar varias propuestas se ha apostado por

el nombre de: DUET.

Siguiendo con el significado del símbolo, se ha elegido el nombre de “Duet” haciendo referencia a los dos movimientos horizontales y verticales de la máquina.

A continuación la figura muestra las diferentes tipografías probadas previas a la elección de la definitiva.



Figura 89. Pruebas fuentes para nombre marca; Fuente propia

Al ser una nueva marca y desconocida por los usuarios, se ha considerado necesario apoyar el imago tipo con un texto que transmita con mayor claridad qué tipo de producto es y a qué campo pertenece.

Por esa razón se ha estudiado como colocar las palabras “Rehabilitation Machine” dentro del imago tipo.

A continuación se muestra las pruebas de tipografías realizadas antes de la elección definitiva.



Figura 90. Pruebas segunda fuente para nombre marca; Fuente propia

Tipografía

Tras las pruebas de tipografía realizadas anteriormente, se ha optado por las siguientes.

Arial Black

ABCDEFGHIJKLMNOPQRSTUVWXYZ

abcdefghijklmnopqrstuvwxyz

1234567890!"\$%&/()/?¿

Eurostile

ABCDEFGHIJKLMNOPQRSTUVWXYZ

abcdefghijklmnopqrstuvwxyz

1234567890!"\$%&/()/?¿

Tratándose de un producto médico requiere tipografías claras y de fácil lectura, que transmitan seriedad y seguridad al usuario. Tanto la tipografía de Arial Black como la de Eurostile son formas simples y redondeadas que dan al producto la imagen buscada.

La Arial Black se ha elegido para la palabra "DUET" y la Eurostile para "Rehabilitation Machine".

Pruebas de posiciones

Una vez definido el texto y símbolo del logotipo, se ha barajado las diversas posiciones en las que pueden combinarse.

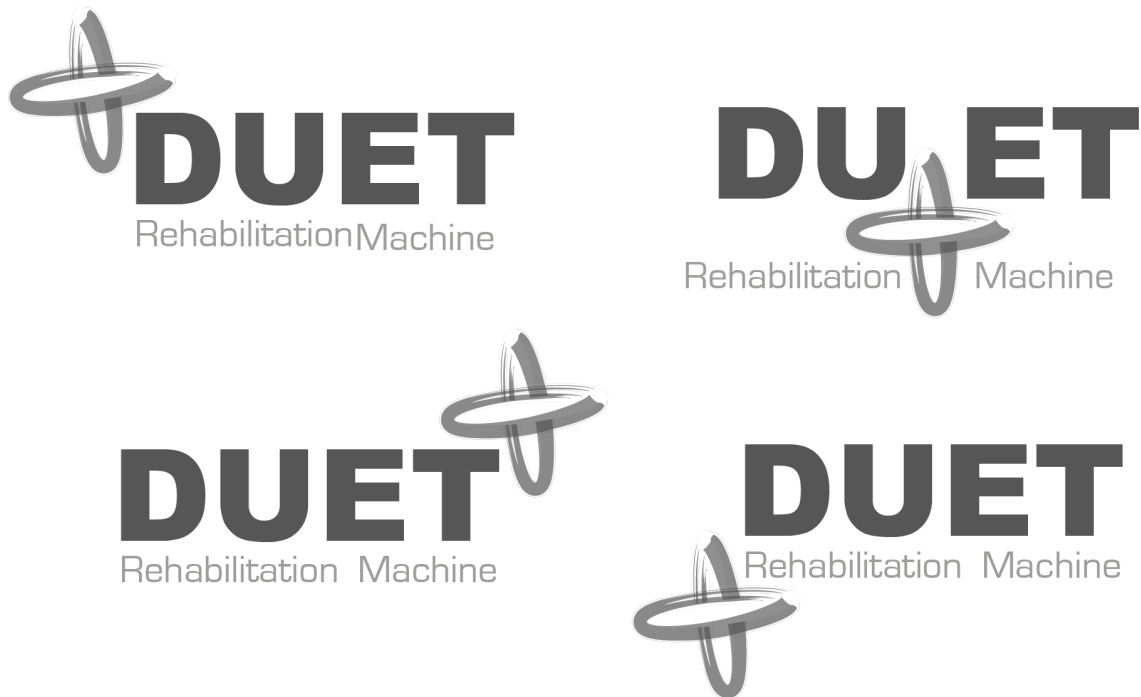


Figura 91. Pruebas posiciones logotipo-nombre; Fuente propia

Escalados



Figura 92. Pruebas tamaños logotipo; Fuente propia

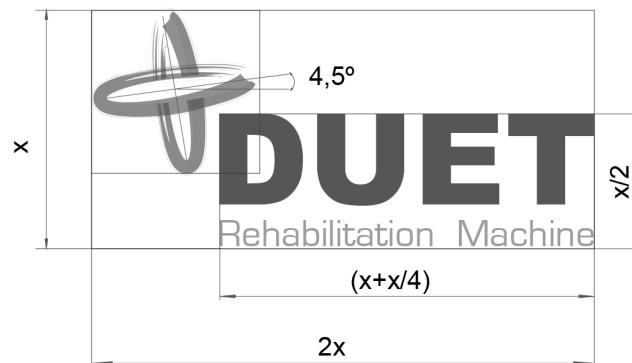


Figura 93. Geometrización del logotipo; Fuente propia

Pruebas de color

Decidida la posición interna del logotipo se ha hecho un estudio de colores, de entre los colores más adecuados para un producto médico se ha optado por el color azul oscuro combinado con gris.

Tanto el azul como el gris son dos colores que transmiten formalidad y seguridad, los dos son tonos que predisponen a un estado de relajación directamente relacionado con el bienestar que provoca un correcto estado de salud. A su vez el azul es un color bastante utilizado en el ámbito de la medicina.

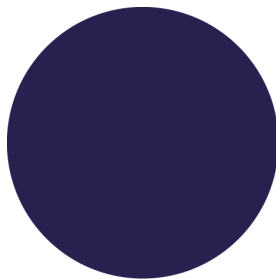


Figura 94. Pruebas de color del logotipo; Fuente propia

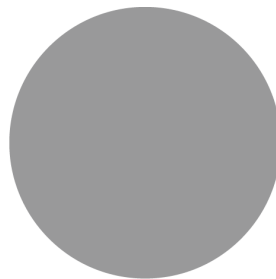


Figura 95. Pruebas de color monocromático; Fuente propia

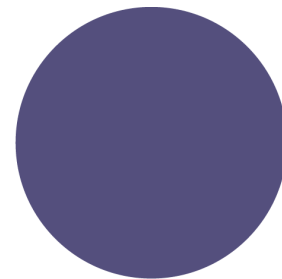
Color



PANTONE 274C
C100, M100, Y25, K25
R41, G35, B92
#211650



PANTONE Cool Gray 7C
C0, M0, Y0, K50
R157, G156, B156
#9d9c9c



PANTONE 7673C
C70, M70, Y18, K18
R89, G82, B127
#59527f

Figura 96. Definición de colores; Fuente propia

Imagen corporativa definitiva



Figura 97. Imagen corporativa definitiva; Fuente propia

7. MATERIALES Y PROCESO DE FABRICACIÓN

Los materiales a utilizar van a estar formados con el mismo tipo de plástico con estructuras diferentes, ya que de esta manera se actúa hacia el eco diseño.

7.1. ESTRUCTURA DEL PRODUCTO

La selección de materiales para el producto que en ocupa este caso tiene dos partes. En primer lugar se deberá elegir un material para el cuerpo rígido. Este deberá ser ligero pero a su vez resistente, ya que debe sujetar el brazo del usuario. Además debe tener ciertas propiedades entre las cuales debe estar el soportar el calor sin deformarse o perder cualidades. Otro punto importante del material a escoger es que absorba la humedad ya que es probable que es usuario sude mientras utiliza el producto, al llevar incorporado un generador de calor.

Después de valorar varias opciones y teniendo en cuenta las necesidades se opta por una poliamida, en concreto el Nylon 6 con un porcentaje del 20% de fibra de vidrio. A continuación, se exponen sus propiedades y el porqué de esta elección.

7.1.1. POLIAMIDA; PA 6

(13) Las poliamidas, o también conocidas como nylon, (PA) son polímeros semicristalinos. Se distinguen dos tipos. Poliamidas estructuradas a partir de un solo material de partida (p. ej. PA 6) y poliamidas estructuradas a partir de 2 materiales de partida (p. ej. PA 66). Las poliamidas poseen un magnífico cuadro de propiedades mecánicas, una tenacidad muy elevada y unas excelentes características de deslizamiento y resistencia al desgaste. Sus propiedades varían desde la dura y tenaz PA 66 hasta la blanda y flexible PA 12. En función del tipo de material, las poliamidas absorben diferentes cantidades de humedad, con lo cual se ven influenciadas las características mecánicas y la precisión dimensional.

En la fabricación de productos semielaborados se distinguen la extrusión y la colada. Mediante el proceso de la colada es posible fabricar productos semielaborados de poliamida de mayores dimensiones y un grado de cristalización superior (mayor resistencia mecánica), los cuales contienen menos tensiones internas. Por el contrario, el método de extrusión permite fabricar con costes más bajos.

- una resistencia mecánica, dureza, rigidez y tenacidad medias-elevadas*
- una elevada capacidad de amortiguación mecánica*
- buena resistencia a la fatiga*
- excelente resistencia al desgaste*
- buenas propiedades de deslizamiento*
- en la mayoría de los casos, elevada absorción de humedad*
- en la mayoría de los casos, reducida estabilidad dimensional*

(13) <http://www.ensinger.es/es/materiales/plasticos-de-ingenieria/poliamida/>

Vista la descripción de las poliamidas en general, se observa que son materiales con los que es fácil trabajar, ya que en su proceso de elaboración se consiguen propiedades muy positivas para productos que necesitan dureza sin ser rígidos, resistentes tanto a fatigas como al desgaste, y, en definitiva, esto es lo más importante para el cuerpo del producto que se está elaborando.

Dentro de las poliamidas, como se ha mencionado en la descripción anterior se escoge una de las cuales tiene un único material de partida, la PA 6.

Este material es un termoplástico semicristalino con una gran resistencia tanto mecánica como al impacto, siendo a su vez muy tenaz. Tiene un buen comportamiento ante el deslizamiento y una gran resistencia al desgaste.

Se escoge porque el producto que se está queriendo fabricar debe aguantar el peso

de un brazo apoyado y de una mano. Como este producto va a ser utilizado por un nivel elevado de usuarios durante su vida útil, debe ser resistente a caídas o golpes, ya que debe llegar al siguiente usuario en perfectas condiciones.

El material principal por tanto va a ser la PA6, aunque modificada. Se conoce que hay ciertos materiales que mezclados con esta poliamida le añaden cualidades. Existen varias opciones.

(14) Modificaciones:

Material de refuerzo y aditivos funcionales.

- Fibra de vidrio.
- Fibra de carbono.
- Cargas minerales.
- Bolas de cristal.
- PTFE.
- Grafito.
- Sulfuro de molibdeno.
- Carbón Black.
- Se pueden obtener productos ignífugos con aditivos halogenados, fósforo rojo, aditivos exentos halógenos.

(14) <http://www.vamptech-iberica.com/pa6.php>

En este caso se decide que el material escogido, es decir el PA6 va a estar reforzado con fibra de vidrio. Esta aporta al gran perfil de las propiedades del plástico semicristalino una mejora más a su resistencia mecánica y su rigidez. Se conoce que la poliamida ofrece además de buenas propiedades al aislamiento eléctrico y una alta resistencia a la deformación por calor, lo cual viene a la perfección para evitar problemas debido a la generación de calor y la conexión provocada por la manta eléctrica. Además de estas propiedades, este material es excelente a la hora de procesarlo.



Figura 98. Poliamida 6

<http://es.engnylon.com/photo-pid14400911/Modificado+reforzado+pa6+con+30%25+de+fibra+de+vidrio.htm>



Figura 99. Sacos de Poliamida 6 con 20%fv

<http://grupoelastorsa.com/products/elastoprene/presentaciones-elastoprene.html>

7.1.2 FABRICACIÓN DE LA ESTRUCTURA DE POLIAMIDA

(15) Una de las técnicas de procesamiento de plásticos que más se utiliza es el moldeo por inyección, siendo uno de los procesos más comunes para la obtención de productos plásticos. Hoy en día cada casa, cada vehículo, cada oficina, cada fábrica, etc. contiene una gran cantidad de diferentes artículos que han sido fabricados por moldeo por inyección.

(15) <http://www6.uniovi.es/usr/fblanco/Leccion11.MOLDEO.POR.INYECCION.pdf>

Este proceso requiere temperaturas y presiones más elevadas que el resto de técnicas de transformación del plástico, pero las piezas que proporciona tienen mucha precisión y con superficies lisas y limpias. El material se aprovecha mucho más y la producción puede ser elevada. Es probable que tenga que tratarse la pieza después para eliminar rebabas y refinarla.

La inyección se realizará en molde mono cavidad de aluminio anodizado (ver ficha técnica en anexo) con baja durabilidad, ya que la producción no va a ser masiva. Se presupone que será de unas 10.000 piezas al año. Esta producción se va a llevar a cabo con una máquina de inyección de 25 a 350 toneladas de cierre, en concreto una "Battenfeld Wittmann" (ver ficha técnica en anexo)

Serán necesarios 4 moldes, uno por pieza. Los volúmenes de cada pieza son:

Base: 120,555 cm³

Soporte antebrazo: 60,63 cm³

Soporte mano: 16,638 cm³

Placa móvil: 48,786 cm³

7.2. COMPONENTES EN CONTACTO CON LA PIEL

En este producto, como se ha explicado en las propuestas de diseño y en diseño final, se conoce que una parte de esta máquina va a estar en contacto con la piel del usuario. En concreto, los "brazaletes" que rodean la mano y la muñeca ayudando al movimiento de esta.

Es necesario por lo tanto tener en cuenta que el material que rodea estas zonas debe ser apto para este tipo de contacto, por lo que se escoge un multifilamento de polipropileno, ya que este se utiliza para la elaboración de costuras textiles que están en constante contacto con la piel durante mucho tiempo sin provocar, generalmente problemas de ningún tipo.

7.2.1. MONOFILAMENTO DE POLIAMIDA

También llamado nylon, tiene la elasticidad y la consistencia necesaria para ser tejido, tricotado o trenzado. Este tejido es un polímero artificial que pertenece al grupo de las poliamidas.

Este tipo de polímero no es atacado por polillas, no requiere planchado y se utiliza para confeccionar medias, tejidos de punto, cerdas y sedales.

Con el nylon permite fabricar:

- Costura
- Listón decorativo
- Industria llantera
- Industria pesquera
- Trajes de vestir
- Fabricación de riso.
- Velcro

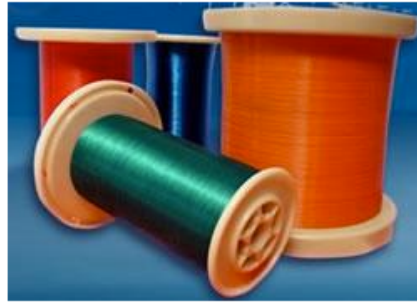


Figura 100. Monofilamento de poliamida

<http://www.quiminet.com/articulos/los-monofilamentos-de-nylon-30713.htm>

7.2.1 FABRICACIÓN DEL RECUBRIMIENTO DE POLIAMIDA

El nylon es de fácil tejido, ya que es una tela vaporosa en la que el único truco está en tensar la tela mientras se cose. La fabricación de este recubrimiento se llevará a cabo en un telar, aunque se puede realizar con cualquier máquina de coser siempre que se sigan las especificaciones de esta a la hora de tejer.

La medida de la tela tiene que ser superior a la de la estructura, ya que la tela funciona como enganche a los soportes mediante un velcro.

Medida de nylon necesario para cubrir soporte mano: $0,2913 \text{ cm}^2$

Medida de nylon necesario para cubrir soporte brazo: $0,6221 \text{ cm}^2$

8. CÁLCULOS

8.1. CÁLCULO SERVO MOVIMIENTO VERTICAL

Este servo motor es el que crea movimiento perpendicular al suelo en un ángulo de 150°. Se realiza el cálculo de momentos desde el punto "A".

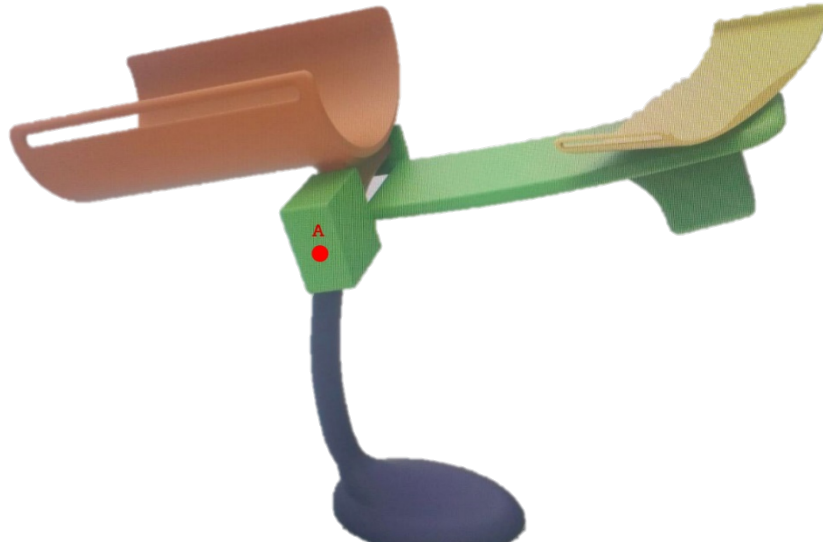


Figura 101. Cuarta propuesta, para hacer cálculo de momentos en A; Fuente propia

Peso naranja = negligible

Pieza verde=0,04879Kg=0.4781N

Pieza amarilla=0,00945Kg=0.09261N

Pieza verde largo + pieza amarilla ancho= 58,24gr = 0,05824Kg = 0,5707N

Fuerza mano= 350gr= 0,35Kg= 3,43N

Distancia de A a Fin de la placa = 126,9mm = 0,1269m

$MA = F_{verde} \cdot D_{verde}/2 + F_{amarilla} \cdot (D_{verde} - D_{amarilla}/2) + F_{mano} \cdot (D_{verde} - D_{amarilla}/2)$

$MA = (0.4781 \cdot 0.0565) + (0.09261 \cdot 0.095) + (3.43 \cdot 0.095) = 0.02701 + 0.008798 + 0.32585 = 0.3616 \text{ N} \cdot \text{m}$

$MA = 0,3616 \text{ N} \cdot \text{m} = 3.687 \text{ kg} \cdot \text{cm}$

De este cálculo se deduce que el servo necesario para que la fuerza no suponga un problema será un Hitec HS-5085mg – Digital Premium MG Micro Servo (ver hoja técnica en el anexo)

8.2. CÁLCULO SERVO MOVIMIENTO HORIZONTAL

Este servo motor es el que crea movimiento paralelo al suelo en un ángulo de 50°.

Pieza amarilla=0,00945Kg=0.09261N

Fuerza mano= 350gr= 0,35Kg= 3,43N

Pieza amarilla largo= 81mm=0.081m

$MB = (F_{mano} + P_{amarilla}) \cdot D_{amarilla}/2 = 3.52261 \cdot 0.0405 = 0.1426 \text{ N} \cdot \text{m} = 1.4541 \text{ kg} \cdot \text{cm}$

Con estos cálculos realizados, se deduce que el servo útil para generar la fuerza necesaria es el Hitec HS-5065MG – Digital MG Feather Servo.

8.3. CÁLCULO RESISTENCIAS

Se ha realizado una simulación avanzada del producto, aplicando el método de los elementos finitos con el módulo CAE del software NX.

De los resultados de la simulación se constata que el producto no supera en ninguno de sus elementos, ni los desplazamientos ni las tensiones admisibles.

Se han tenido en cuenta las características mecánicas del material que se utilizará en la fabricación. Este será el nylon con un 20% de fibra de vidrio, esta añade resistencia y dureza al nylon puro.

Se han aplicado valores de fuerza muy superiores a las de uso en previsión de esfuerzos accidentales.

Se ha realizado esta simulación a las piezas que deben soportar mayor esfuerzo, como son la base y el soporte del ante brazo.

Base

La base de este producto debe soportar el peso del ante brazo y del resto de piezas, por lo que se considera una pieza fundamental a estudiar.

La superficie inferior de la base queda fijada como bancada de tal manera que se puede aplicar una fuerza en la parte superior en dirección a la bancada. La fuerza con la que se ha realizado la simulación es muy superior a la que realmente se va aplicar, para evitar que la pieza se rompa en caso de incidente y corroborar la resistencia.

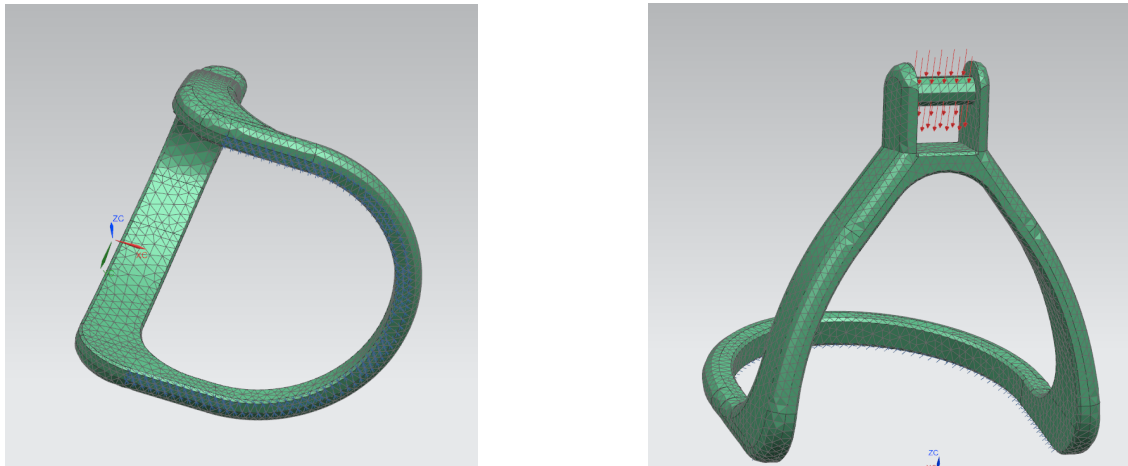


Figura 102. Base mallada (puntos fijos y fuerzas aplicadas); Fuente propia

- El esfuerzo aplicado es de 500 N.
- Módulo de elasticidad (módulo de Young) del PA6 GF20= 6800000 N/mm^2 (Pa) = 6800MPa.
- Tensión de límite elástico del material = 103 MPa (Según Ultramid, BASF)

Extruded Nylon 66									
Physical Properties			Metric		English		Comments		
Specific Gravity			1.15 g/cc		0.0415 lb/in ³		ASTM D792		
Water Absorption			0.30%		0.30%			Immersion, 24hr;	
Water Absorption at Saturation			7%		7%			Immersion; ASTM	ASTM D570(2)
Mechanical Properties									
Hardness, Rockwell M			85		85			ASTM D785	
Hardness, Rockwell R			115		115			ASTM D785	
Hardness, Shore D			80		80			ASTM D2240	
Tensile Strength, Ultimate			82.7 MPa		12000 psi		ASTM D638		
Elongation at Break			50%		50%			ASTM D638	
Tensile Modulus			2.93 GPa		425 ksi		ASTM D638		
Flexural Modulus			3.1 GPa		450 ksi		ASTM D790		
Flexural Yield Strength			103 MPa		15000 psi		ASTM D790		
Compressive Strength			86.2 MPa		12500 psi			10% Def.; ASTM	
Compressive Modulus			2.9 GPa		420 ksi		ASTM D695		D695
Shear Strength			68.9 MPa		10000 psi		ASTM D732		
Coefficient of Friction			0.25		0.25			Dry vs. Steel;	
K (wear) Factor			161 x 10 ⁻⁶ mm ³ /in ² -min/ft-lb-hr		QTM 55010				QTM55007
Limiting Pressure Velocity			0.0946 MPa-m/sec		2700 psi-ft/min				QTM 55007
Izod Impact, Notched			0.32 J/cm		0.6 ft-lb/in		ASTM D256 Type A		
Electrical Properties									
Surface Resistivity per Square			Min 1e+013 ohm		Min 1e+013 ohm		EOS/ESD S11.11		
Dielectric Constant			3.6		3.6			1MHz; ASTM D150	

Figura 103. Límite elástico del nylon gf20; Datasheet B70 GF20

Una vez realizada la simulación puede observarse en (esfuerzo-elemento-nodal) que la tensión máxima de Von-Mises a la que se llega aplicando esta carga es de 16.52 MPa, muy inferior a la tensión de límite elástico del material, por lo que puede asegurarse que la pieza es suficientemente resistente.

Los colores cálidos indican los valores máximos de tensión de Von-Mises y los fríos valores mínimos.

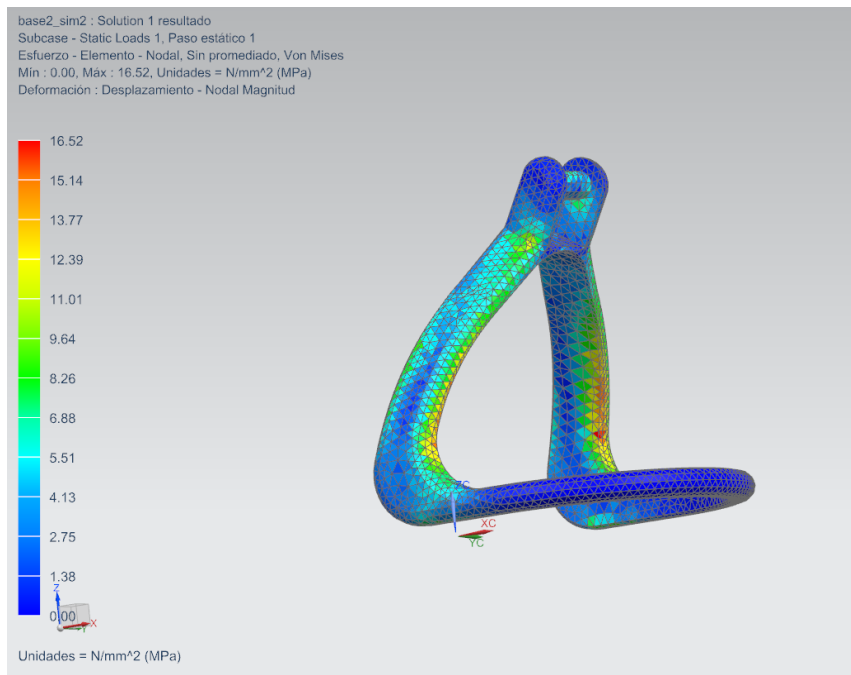


Figura 104. Resultados Von Mises; Fuente propia

También se ha estudiado el desplazamiento de la pieza aplicando esa misma fuerza. Observando los resultados obtenidos se puede apreciar que el desplazamiento es mínimo. La parte superior de la pieza es la que realizaría mayor desplazamiento siendo éste de 1.121 mm.

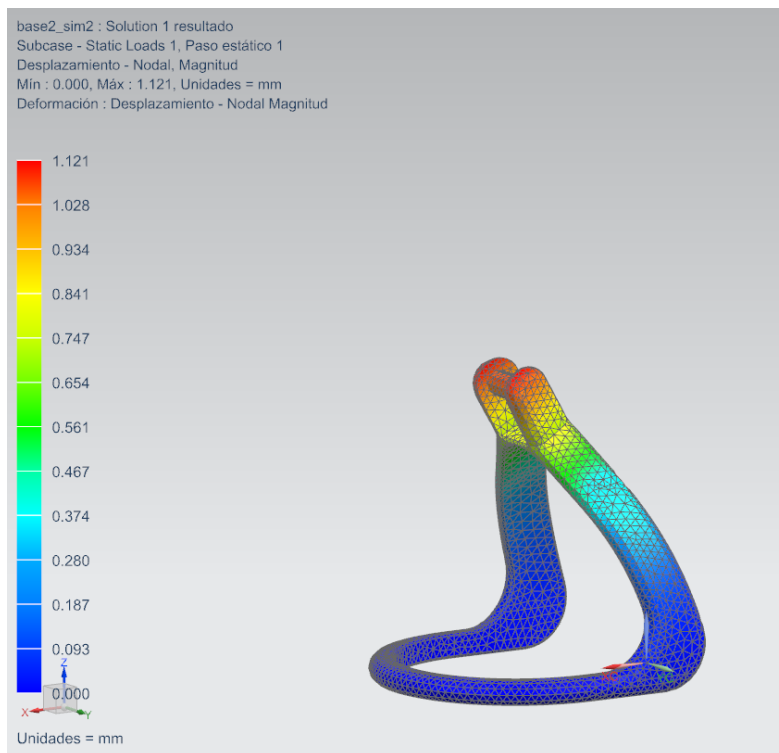


Figura 105. Resultados desplazamientos; Fuente propia

Soporte antebrazo

En este caso se ha realizado el mismo estudio pero fijando la zona donde se encaja la base y aplicando la carga en el eje del brazo. Esta zona será la que soportará el peso de la placa móvil, el soporte de la mano y la mano.

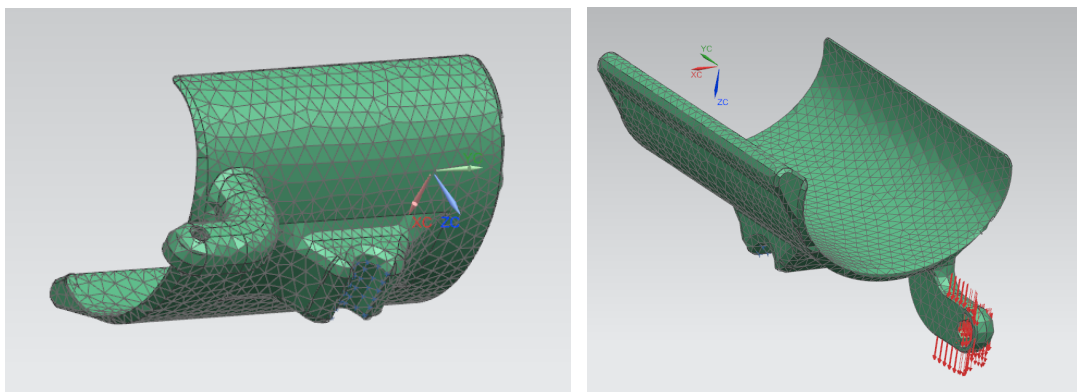


Figura 106. Soporte muñeca mallado (puntos fijos y fuerzas aplicadas); Fuente propia

Los resultados obtenidos también aseguran que la pieza no va a sufrir deformación excesiva, ya que la tensión de límite elástico del material es muy superior a la tensión máxima al que llega la pieza al aplicarle la fuerza, que es de 181.54MPa.

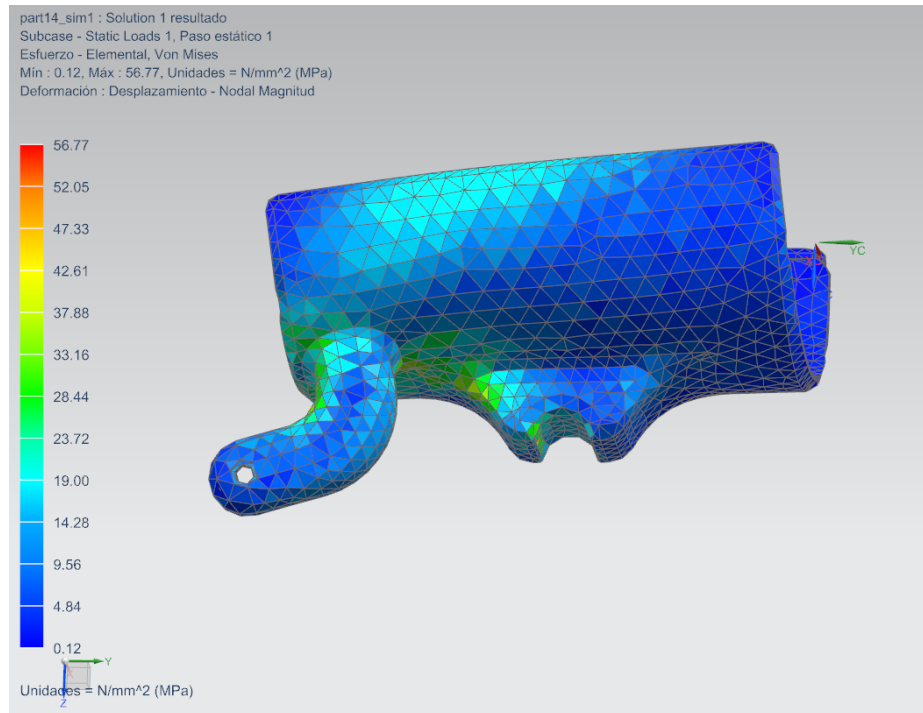


Figura 107. Resultados Von Mises; Fuente propia

Por lo que al desplazamiento se refiere, puede decirse que en este caso tampoco se produce en exceso. En la zona en la que se produciría mayor desplazamiento sería de 2.081mm.

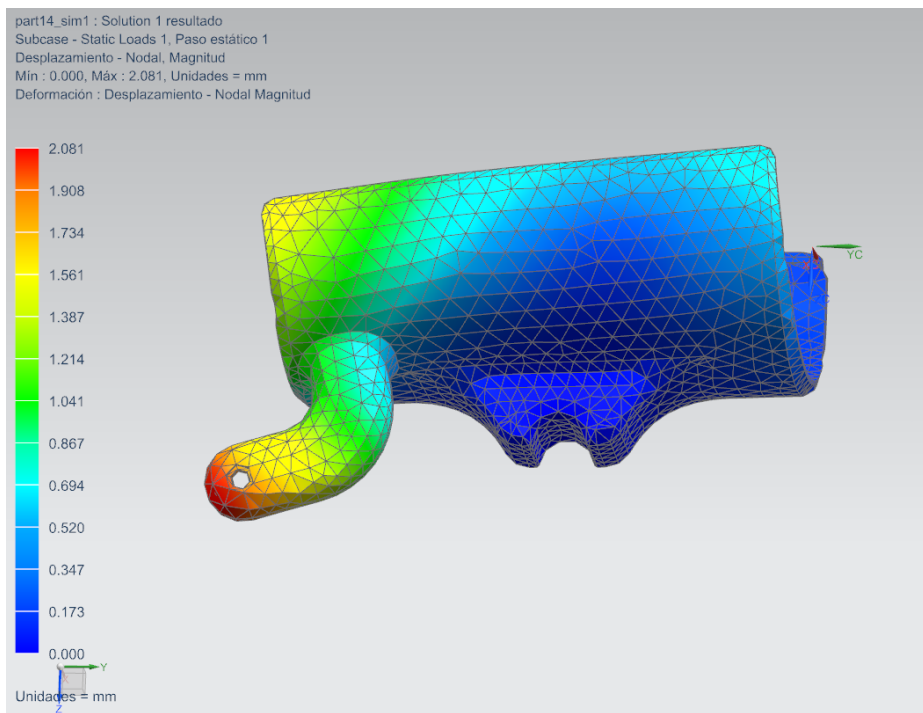


Figura 108. Resultados desplazamientos; Fuente propia

9. COSTES

La valoración de los costes de este proyecto se ha llevado a cabo teniendo en cuenta el coste conceptual, es decir, el coste de la idea como concepto, el desarrollo de esta y la fabricación recomendada.

Es obvio que en momento de la venta de la idea, la posible empresa compradora modificaría, quizás, el diseño formal para aminorar gastos y el proceso de fabricación, de cualquier modo, esta es la opción que se ha llevado a cabo pensando que puede ser viable y económica.

9.1. COSTES RESPECTO AL TIEMPO DEDICADO AL DESARROLLO DEL PRODUCTO

Esta previsión de coste es lo que la empresa compradora pagaría por el concepto y el desarrollo de la idea.

Respecto a la investigación:

INVESTIGACIÓN	TIEMPO(h)	EUROS/HORA(€)	TOTAL(€)
FASES DE LA REHABILITACIÓN	15	22	330
ESTUDIO COMPETENCIA	20	22	440
ESTUDIO DE MERCADO	40	22	880
TOTAL INVESTIGACIÓN	75	66	1.650

Tabla 13. Costes investigación; Fuente propia

Respecto al diseño formal:

DISEÑO FORMAL	TIEMPO(h)	EUROS/HORA(€)	TOTAL(€)
BRAINSTORMING	18	32	576
PROPUESTAS	120	32	3.840
FUNCIONAMIENTO	75	32	2.400
CÁLCULOS	30	32	960
DISEÑO FINAL	150	32	4.800
TOTAL DISEÑO FORMAL	393	160	12.576

Tabla 14. Costes diseño formal; Fuente propia

En estas tablas se observa el desglose de horas invertidas en el diseño y la investigación para el desarrollo del proyecto y el precio de cada hora invertida.
Precio total de la idea y su desarrollo:

Finalmente, el precio de venta del concepto es el de la tabla superior.

9.2. COSTES RESPECTO A LA FABRICACIÓN RECOMENDADA

Como se explica en el apartado “Materiales y proceso de fabricación” se ha desarrollado un estudio de materiales que podrían ser perfectamente útiles para la fabricación del producto, junto al método para llevarlo a cabo. El precio de esta fabricación por peso de la pieza y precio del material se puede observar desglosado en la siguiente tabla.

FABRICACIÓN RECOMENDADA	MATERIAL	PRECIO(€/KG)	PESO(KG)	TOTAL(€)
BASE	PA6GF30	2,3	0,0855	0,196
SOPORTE BRAZO	PA6GF30	2,3	0,043	0,098
PLACA	PA6GF30	2,3	0,0346	0,079
SOPORTE MANO	PA6GF30	2,3	0,0118	0,027
EJES SERVO	F-212	2,5	0,003	0,007
TOTAL FABRICACIÓN			0,1779	0,407

Tabla 15. Costes fabricación recomendada; Fuente propia

En el material escogido, como puede observarse, el precio es muy bajo, por tanto se ha considerado una opción muy válida, ya que las características del material son muy buenas.

9.3. TOTALIZACIÓN DE COSTES SEGÚN MÉTODO

Se ha llevado a cabo una investigación de costes de todos los elementos normalizados que lleva el producto y sus precios.

De esta manera, se obtienen dos precios. El primero es el total de los elementos normalizados junto con la estructura del producto fabricada en el material elegido como adecuado, la segunda el coste que tendría el producto realizando una maqueta para su venta a empresas.

Costes de elementos normalizados:

ELEMENTOS NORMALIZADOS	CANTIDAD/PRODUCTO	PRECIO(€)	TOTAL(€)
TORNILLERÍA	7	0,83	5,81
TRANSFORMADOR	1	104	104
PLACA ARDUINO UNO	1	24,14	24,14
MANTA ELÉCTRICA	1	32,5	32,5
ELECTRODOS Y SUS COMPONENTES	4	1,47	5,88
MOTOR SERVO MOVIMIENTO VERTICAL	1	32,05	32,05
MOTOR SERVO MOVIMIENTO HORIZONTAL	1	35,83	35,87
TOTAL			240,25

Tabla 16. Costes elementos normalizados; Fuente propia

Como idea a ser vendida a empresas, deberá llevarse a cabo una maqueta, esta se realizará con una impresora 3D, el precio de esta impresión será de:

COSTE MAQUETA	PRECIO/PIEZA(€)
BASE	50
SOPORTE BRAZO	35
PLACA	30
SOPORTE MANO	25
EJES	15
TOTAL	155

Tabla 17. Costes maqueta; Fuente propia

Según la fabricación que se escoja, si bien con el material definitivo o como maqueta, con sus elementos serán de:

OPCIONES FABRICACIÓN	PRECIO(€)
POLIAMIDA 6 CON 30%FV	240,65
IMPRESIÓN 3D	395,25

Tabla 18. Costes opciones fabricación; Fuente propia

9.4. PRECIO TOTAL IDEA

Respecto al precio de venta de la idea como concepto, teniendo en cuenta las horas de trabajo tanto en el diseño como en la investigación será de:

PRECIO TOTAL DISEÑO	PRECIO(€)
INVESTIGACIÓN	1.650
DISEÑO FORMAL	12.576
TOTAL	14.226

Tabla 19. Coste total idea; Fuente propia

**Se tiene en cuenta que este proyecto es una idea conceptual, que los precios de fabricación pueden cambiar, junto con los materiales con los que se fabrique el mismo. Como proyecto de diseño, no se entra en comercialización o comparativas económicas. Se entiende que la empresa compradora será quien lleve a cabo esa tarea.

10. ECO DISEÑO

El eco diseño se define como el concepto de incorporar técnicas que no sean dañinas para el planeta a la hora de producir un producto nuevo o que no dificulten, incluso faciliten el reciclaje del aparato.

Este tiene varias facetas, que el producto de este proyecto debe cumplir si se pretende que sea considerable “eco”.

1. Desarrollo de nuevos conceptos

Desmaterialización: Este producto evita utilizar un material si no es estrictamente necesario a la hora de su desarrollo.

Uso compartido: La máquina será aprovechable para diversos usuarios, ya que no está pensada para particulares, sino para centros.

Integración de funciones: Incorpora tres fases de la rehabilitación en un solo producto.

2. Reducción del consumo y diversidad de materiales

Minimizar componentes que no resten valor: Todo el objeto lleva las partes necesarias insertadas, sin elementos fuera de este.

Optimizar grosores: Los grosores solo son más anchos en las zonas de mayor resistencia. El resto está minimizado.

Reutilizar partes del producto: Tanto las partes estructurales como las electrónicas pueden reutilizarse.

Evitar pinturas o lacas: La poliamida se puede colorear, por lo que no se van a utilizar lacas.

3. Selección de materiales de menor impacto ambiental

Fácilmente reciclables: Se fabrica con un solo plástico, a la hora de reciclarlo solo hay que separar los elementos electrónicos, y la poliamida queda libre para su reciclaje.

4. Reducir el impacto ambiental del proceso de producción

Escoger materiales que permitan el reciclaje durante el proceso: Esto es posible debido al uso de un solo plástico.

5. Optimización de la distribución

Minimizar el uso de envases: El packaging del producto viene en una sola caja de fácil almacenaje.

Marcar los materiales con un símbolo que los identifique: El plástico PA6 irá indicado como tal para su reciclaje.

6. Reducción del impacto ambiental durante su uso

Reducir el consumo de energía: Esto es posible debido a su bajo consumo.

7. Incremento de vida útil

Reutilización: Se pasa de usuario a usuario al fin de la terapia de cada uno.

Fácil reparación y sustitución: El acceso a los componentes electrónicos es sencillo, para su posible cambio.

8. Optimización de la gestión de residuos

Utilizar plásticos reciclables: La estructura del producto es reciclable y no necesita ser separado previamente ya que es todo un mismo material.

11. PLIEGO DE CONDICIONES

1. Nombre del producto

“DUET” Rehabilitación Machine

2. Descripción del producto

Definición: Es un aparato creado para restablecer el movimiento natural de la muñeca después de haber sufrido una lesión.

Tipos:

- Rehabilitación de mano derecha
- Rehabilitación de mano izquierda

Características estructurales

Consta de cuatro piezas: la base, el soporte del antebrazo, el soporte de la mano y la placa móvil.

Base: es la pieza que soporta el peso del aparato y del brazo del usuario. Este soporte está en contacto directo con la superficie permitiendo el uso estable del mismo.

Se basa en una forma libre que genera lateralmente la forma de la letra “C” y frontalmente se aprecia la forma geométrica de un triángulo.

Soporte de la muñeca: esta pieza se une por un lado a la base y por otro a la placa móvil. Su función es en primer lugar sujetar la muñeca y a continuación calentar la zona a través de una manta eléctrica y generar corriente a través de unos electrodos. Todos estos mecanismos se encuentran recubiertos por un tejido que evita el contacto directo con la piel.

Esta pieza tiene forma de medio cilindro.

Soporte de la mano: este elemento sujeta la zona inferior de las falanges, permitiendo la transmisión del movimiento horizontal.

La forma de esta pieza simula un óvalo abierto por su eje central aproximadamente.

Placa móvil: es la parte en la que se unen ambos soportes, el del antebrazo con el de la mano. Permite el movimiento tanto horizontal como vertical mediante dos servos con sus respectivos ejes insertados en esta y previamente programados para su correcto movimiento angular. Estos ejes están asegurados mecánicamente por si la máquina sufriese un problema electrónico. Esta pieza va cubierta con una carcasa que evita la rotura de los mecanismos internos y los cubre, aportando valor estético.

La forma de la placa es rectangular, con su parte superior redondeada.

Características físicas

Pesos:

Base: 85,5 gramos

Soporte antebrazo: 43 gramos

Soporte mano: 11,8 gramos

Placa móvil: 34,6 gramos

Volúmenes:

Base: 120,555 cm³

Soporte antebrazo: 60,63 cm³

Volumen total de la estructura (sin elementos electrónicos): 246,609 cm³

3. Proceso de fabricación

La estructura de Poliamida 6 se fabrica mediante inyección.

El recubrimiento de monofilamento de poliamida se fabrica en telar.

La producción del producto será baja, en molde mono cavidad de aluminio anodizado con baja durabilidad.

Se realizarán 10.000 piezas al año.

4. Condiciones que deben reunir los materiales

Monofilamento de poliamida 6: para la fabricación del hilo del tejido, es necesario seguir la normativa FDA ya que en los pliegues de la tela pueden quedar restos de producto (lubricante) durante su fabricación y es imprescindible su control para no causar irritaciones o dolencias en la piel del usuario.

La unión entre las piezas se hará mediante tornillos del tipo TAPTITE entre la carcasa y la placa móvil, y esta con los servos. El resto de uniones se llevan a cabo con tornillos de rosca planos de M3.

5. Condiciones que deben reunir los elementos electrónicos

Los motores servo trabajarán en un voltaje máximo de 6V. Estos estarán comandados por una placa Arduino UNO.

El motor servo que genera el movimiento horizontal es un Hitec HS-5065MG programado para moverse en una franja de 50°, 20° hacía el dedo meñique y 30° hacía el pulgar.

El motor servo que genera el movimiento vertical es un Hitec HS-5085MG programado para moverse en una franja de 150°, 70° hacia arriba y 80° hacia abajo.

6. Condiciones que deben reunir los elementos eléctricos.

La conexión a corriente hacia el transformador y la manta eléctrica deben seguir el reglamento de baja tensión e instrucciones técnicas complementarias (ITC) BT 01 a BT 51 adjunto en anexo de normativa.

7. Condiciones que debe reunir la estructura

Dentro de la estructura se encuentran ciertas zonas en contacto directo con el brazo del usuario. Para evitar problemas con el usuario se seguirá la UNE-EN 957-4.1997 para equipos fijos de entrenamiento de la fuerza, adjunto en anexo de normativa.

8. Restricciones de movimiento

Para evitar lesiones en caso de fallo electrónico o agravar las ya existentes se incorpora un sistema de tope mecánico en el eje del servo, limitado a 150° en el motor que funciona verticalmente y 50° en caso del que funciona horizontalmente.

9. Eco diseño

El producto está elaborado con un solo tipo de plástico, el PA6 en diferentes estructuras del polímero. Por tanto, a la hora de reciclar esta máquina, deben desecharse los elementos eléctricos y electrónicos por un lado, permitiendo así el total reciclaje de la estructura por otro.

CONCLUSIONES

Realizar este proyecto ha posibilitado la investigación de un sector, el de rehabilitación, del que no se tenía un gran conocimiento, que es muy interesante y que probablemente va a extenderse en las próximas décadas y transformarse con la introducción de mecanismos y aparatos tecnológicos que suplan o complementen el trabajo de los profesionales del sector.

Es evidente que el producto como tal es un concepto, una idea de lo que se ha considerado que podría ser útil, en lo que a tratamientos de rehabilitación se refiere, con la intencionalidad de crear un producto eficaz y práctico para producir mejoras apreciables y significativas en este campo. Obviamente no está finalizado como máquina que pueda fabricarse en este punto del desarrollo, ya que es un proyecto adecuado para darle continuidad tanto en una ingeniería eléctrica como electrónica, de manera que puedan fusionarse completamente las tres fases del diseño. Al finalizar el proyecto se ha podido vincular definitivamente la termoterapia y los movimientos, dado que el sistema de electro estimulación se escapaba de los conocimientos aprendidos en la carrera.

Durante la generación del concepto, se ha observado una falta de competencias sobre estas dos ingenierías antes nombradas y a la vez un gran interés por ahondar y aprender más, saber cómo podría llevarse a cabo y si realmente funcionaría como se cree que lo haría.

En pocas palabras se ha desarrollado el producto desde la vertiente del diseño buscando un producto ergonómico, eficiente y rentable. Con un objetivo principal, el de crear, a través de un buen análisis, elementos estructurales que cumplan con los requerimientos de seguridad, funcionalidad y estética.

Aun así la satisfacción es mucha, ya que se ha entrado en campos donde no se tenía demasiada experiencia, por ejemplo a la hora de buscar materiales adecuados, de encontrar componentes electrónicos o realizar cálculos de resistencia ya algo oxidados, lo que ha supuesto un reto y un afán de superar dificultades que iban apareciendo a medida que se desarrollaba el trabajo y que ha generado un grado importante de implicación, dedicación y compromiso para conseguir avanzar y profundizar en este proyecto.

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar agradecer a aquellas empresas que nos han proporcionado información acerca de todo aquello que desconocíamos. Johnny Tang de la empresa China Keenovo por haber resuelto todas aquellas dudas que en un principio teníamos sobre la manta eléctrica, sus características, medidas y precios. También a Alberto Armengol responsable de ventas de la empresa Kinetec, por facilitarnos todo tipo de catálogos e información acerca de las máquinas de rehabilitación que ofrecen.

Por otra parte agradecer a los centros médicos Mesia y Masomédic por habernos recibido e informado sobre los servicios que ofrecen. Nos fué de gran ayuda para comprender de primera mano las ventajas y desventajas de realizar rehabilitación en los centros y como podía ser el producto a diseñar para poder resolverlos.

A Juan Lendínez, médico de profesión, que nos ayudó a adentrarnos en un ámbito desconocido para nosotras, explicándonos el funcionamiento interno de la muñeca.

A Cristina Barreras y Anna Masalles, recién licenciadas en fisioterapia, que nos informaron de las lesiones más comunes y el mejor método para tratarlas.

Agradecer también a todas aquellas personas que respondieron las encuestas permitiéndonos realizar el estudio de campo, tanto personas que has sufrido lesiones como los profesionales del sector nombrados, ambos, en el anexo de estudio de mercado.

A Josep María Gris y Albert Gris por sus aportaciones en lo que a conocimientos de programación se refiere. Cediéndonos los elementos electrónicos que necesitábamos y explicándonos su funcionamiento.

Darle las gracias también a la profesora de mecánica Marta Musté por ayudarnos con la simulación avanzada y corregir los errores iniciales.

Finalmente agradecer a Juan Josep Aliau, tutor de nuestro proyecto por haber confiado y apoyado nuestra propuesta en todo momento y haber mostrado gran interés y dedicación durante todo el proceso.

BIBLIOGRAFIA

Anatomía mano (2/2016):

<http://www.cto-am.com/mano.htm>

http://acceda.ulpgc.es/bitstream/10553/9407/1/0655840_00019_0022.pdf

Rehabilitación (2/2016):

<http://definicion.de/rehabilitacion-fisica/>

Termoterapia (2/2016):

<http://www.clinimagen.com/wp-content/uploads/2015/06/termoterapia-las-palmas-clinimagen.jpg>

Recuperación (3/2013):

<http://www.vitonica.com/lesiones/la-electroestimulacion-en-el-deporte-iii-recuperacion-de-lesiones>

Movimiento muñeca (3/2016):

ANATOMÍA Y MOVIMIENTO HUMANO. Estructura y funcionamiento escrito por nigel palastanga,derekfield,rogersoames

Maquinas rehabilitación (4/2016):

<http://es.aliexpress.com/item/Hand-Rehabilitation-Training-Equipment-Dynamic-Wrist-and-finger-Orthosis-Finger-Rehabilitation-Device-Patients-Tendon-repair/32326258039.html>

<http://www.mundoabuelo.com/catalogue.php?idfamilia=371&breadcrumb=20,371>

es.aliexpress.com/item/Home-Body-Building-Fitness-Exercise-Training-Hand-Grip-Forearm-Strength-Equipment-Physiotherapy-Rehabilitation-Machine-YG01010/1679264744.html

Materiales (5/2016):

<http://www.ensinger.es/es/materiales/plasticos-de-ingenieria/poliamida/>

<http://www.vamptech-iberica.com/pa6.php>

Fabricación (6/2016):

<http://www6.uniovi.es/usr/fblanco/Leccion11.MOLDEO.POR.INYECCION.pdf>

ANNEX

Anexo 1: Memória

Anexo 2: Planos

Anexo 3: Normativa fijaciones

Anexo 4: Encuestas

Anexo 5: Datasheet

Anexo 6: Imagenes definitives de DUET Rehabilitation Machine